



VŠB - Technická univerzita Ostrava

Ostrava University of technology



Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra materiálového inženýrství

Faculty of metallurgy and material engineering

Department of materials engineering

## **Studium povrchově upravovaných historických materiálů**

Study of surface treated historical materials

Diplomová práce

Diploma thesis

Autor práce:

Bc. Radek Němec

Author

Vedoucí práce:

Ing. Karla Čech Barabaszová, Ph.D.

Supervisor

Ostrava 2014

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radek Němec**  
Studijní program: N3923 Materiálové inženýrství  
Studijní obor: 3911T030 Technické materiály  
Téma: **Studium povrchově upravovaných historických materiálů**  
**Study of surface treated historical materials**

### Zásady pro vypracování:

Diplomová práce se bude zabývat průzkumem kovových plátkově nanášených povrchových úprav na souboru historických předmětů. Pozornost bude zaměřena na soubory původních dřevěných rámu a rámu na bázi syntetických pryskyřic. Hlavním cílem práce bude průzkum složení povrchových úprav a to jak složení slitiny použitého plátkového kovu, tak složení pojiv a podkladové vrstvy.  
Diplomová práce bude tvořena třemi částmi, které budou dále členěny: 1.) Teoretická část bude řešena formou literární rešerše na téma povrchová úprava historických předmětů pomocí plátkového zlata a bronzových nátěrů; 2.) Experimentální část bude zaměřena na průzkum povrchu historických předmětů pomocí skenovací elektronové mikroskopie a analýzu typu syntetických pryskyřic rámu pomocí chromatografických metod; 3.) V závěrečné části budou vyhodnoceny a diskutovány výsledky diplomové práce.

### Seznam doporučené odborné literatury:

Mactaggart P. and Mactaggart A. Practical gilding. London: Archetype, 2002, 74 p. ISBN 1-873132-83-2.  
Losos L. Pozlacení a polychromie. Praha: Grada, 2005, 151 s. ISBN 80-247-0913-9.  
Kopecká I. a Nejedlý V. Průzkum historických materiálů. Analytické metody pro restaurování a památkovou péči. Praha, 2005, 200 s.  
Kreisllová K. Konzervace kovů a konzervační prostředky. Shorník z konzervátorského a restaurátorského semináře. Technické muzeum v Brně, Brno, 1999, 69-72.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Karla Čech Barabaszová, Ph.D.**

Datum zadání: 29.11.2013  
Datum odevzdání: 09.05.2014

  
prof. Ing. Vlastimil Vodárek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.  
děkan fakulty

## **Zásady pro vypracování diplomové práce**

### **I.**

Diplomovou prací (dále jen DP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

### **II.**

#### Uspořádání diplomové práce:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1. Titulní list                              | 6. Obsah DP                         |
| 2. Originál zadání DP                        | 7. Textová část DP                  |
| 3. Zásady pro vypracování DP                 | 8. Seznam použité literaturyPřílohy |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení     | 9. Přílohy                          |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky |                                     |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry. Měl by korespondovat s podobou vnějších desek (viz část III) doplněnou o název práce, umístěný nad spojením *DIPLOMOVÁ PRÁCE*.

ad 2) Originál zadání DP student obdrží na své oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování diplomové práce“ následují za originálem zadání DP. („Zásady pro vypracování diplomové práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení je napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a je vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání DP. V případě, že DP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listu vloženo prohlášení spolupracující právnícké nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním DP.

ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. jedné strany pro obě jazykové verze.

ad 6) Obsah DP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části DP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 7) Textová část DP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním DP;
- Vlastní rozpracování DP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků DP z hlediska stanoveného zadání.

DP bude zpracována v rozsahu min. cca 45 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm.

Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9). Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 8) DP bude obsahovat alespoň 15 literárních odkazů, z toho nejméně 5 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listu. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu DP.

ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

### III.

Diplomovou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství  
Katedra .....*

uprostřed: *DIPLOMOVÁ PRÁCE*

dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě.

### IV.

Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem magisterského, resp. navazujícího magisterského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2013/2014. Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování diplomové práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru.

Ostrava 22. 11. 2013

**Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.**  
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství  
VŠB-TU Ostrava

## PROHLÁŠENÍ


Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 – školní dílo);
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB – TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

## MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

**Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval(a) samostatně.**

V Ostravě dne 9. 5. 2014



Podpis (jméno a příjmení studenta)

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych tímto poděkoval vedoucí diplomové práce paní Ing. Karle Čech Barabaszové, Ph.D. za rady a pomoc při řešení této práce a taktéž panu MgA. BcA. Tomáši Skalíkovi za odborné rady a praktickou pomoc v průběhu práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Ph.D. M. Heliové za zhotovenou SEM analýzu, panu doc. Ing. Michalu Ritzovi za pomoc při IČ průzkumu vzorků a paní doc. Ing. Daniele Plaché za provedení analýz metodou plynové chromatografie. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. art. Janu Bittnerovi a Petru Bittnerovi za cenné rady a za možnost bližšího seznámení s pozlacovačským řemeslem.

Velké poděkování patří také mé rodině, která mě podporovala po dobu mého studia.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá obecným studiem povrchových úprav technikou plátkového zlacení na historických předmětech, zejména obrazových rámech. V teoretické části práce pojednává o historii a principech zhotovování technologií zlacení povrchu různých materiálů od minulosti k současnosti. Zřetel je kladen na dřevěné obrazové rámy a jejich části. Cílem práce je průzkum složení povrchových úprav a to jak složení slitiny použitého plátkového kovu, tak složení pojiv a podkladové vrstvy. Experimentální část je zaměřena na průzkum povrchu historických předmětů pomocí skenovací elektronové mikroskopie a analýzu typu syntetických pryskyřic ráků pomocí spektroskopických a chromatografických metod.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zlacení historických materiálů, obrazové rámy, skenovací elektronová mikroskopie, spektroskopické a chromatografické metody.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the general study of finishes leaf gilding technique on historical subjects, especially picture frames. The theoretical part deals with the history and principles of making technology gilding the surface of various materials from past to present. Consideration shall be given to the wooden picture frames and parts. The aim of the work is investigation of the finishes in both the composition of the alloy used leaf metal and binder composition and the underlying layer. The experimental part will focus on exploration of historical objects surface using scanning electron microscopy and analysis of the type of synthetic resin frames using chromatographic methods.

## **KEY WORDS**

Gilding surface of historical materials, picture frames, scanning elektron microscopy, spectroscopic and chromatographic methods.

## OBSAH

1. TEORETICKÁ ČÁST .....	11
1.1. Tradiční materiály používané v pozlacování .....	11
1.2. Plátkové – lístkové kovy .....	16
1.3. Náhražky zlata, jiné plátkové kovy .....	18
1.4. Současný postup zpracování zlatých fólií od vytváření slitiny po jejich ukládání do knížek. ....	20
1.5. Přehled a popis základního nářadí pro pozlacování.....	22
1.6. Techniky zlacení .....	24
1.6.1. Přehled technik zlacení předmětů z kovů .....	24
1.7. Základní rozdělení technik zlacení plátkovými kovy .....	26
1.7.1. Zlacení na poliment – zlacení na lesk.....	26
1.7.1.1. Příprava podložky a podkladu .....	26
1.7.1.2. Příprava křídý .....	27
1.7.1.3. Nanášení křídý - křídování .....	27
1.7.1.4. Broušení křídových vrstev (reparírování).....	28
1.7.1.5. Úprava savosti (lešování) .....	28
1.7.1.6. Příprava polimentu .....	28
1.7.1.7. Nanášení polimentu (polimentování) .....	29
1.7.1.8. Pokládání zlata, zlacení .....	30
1.7.1.9. Leštění zlata.....	31
1.8. Matové zlacení .....	32
1.9. Zlacení metalem.....	33
1.10. Moderní materiály v pozlacování – KGGG systém .....	33
1.11. Techniky zhotovování plastických ornamentů formováním plastických hmot .....	34
1.11.1 Příprava a druhy hmot .....	35
1.11.2. Zlacení plastických ornamentů.....	36
1.12. Mechanismus vzniku trhlin ve zlacení.....	37
2. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	39
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	40
3.1. Experimentální vzorky.....	40
Předmět 1: Ozdobná hlavice z nástavce na barokní sekretář, tzv. čuček .....	41
3.2. Charakterizace experimentálních předmětů pomocí optické mikroskopie.....	43
3.3. Metalografické studium experimentálních vzorků .....	47
3.4. Charakterizace vzorků pomocí SEM .....	50



3.5.	Charakterizace vzorků pomocí infračervené spektroskopie .....	56
3.5.1.	Postup přípravy a zpracování vzorků .....	57
3.6.	Charakterizace vzorků metodou plynové chromatografie .....	61
4.	ZÁVĚR.....	66
	POUŽITÁ LITERATURA.....	68

## ÚVOD

Pozlacovačství je umělecko-řemeslná technika a světu je známa už od starověku. V největší míře se uplatňovala v období gotiky a svého největšího rozkvětu dosáhla v baroku. Stejně jako ostatní techniky umělecko-řemeslného charakteru se postupem času vyvíjeli, než došlo k jejich optimalizaci a k vývoji dodnes používaných postupů převzatých z dovedností našich předků. Techniky zlacení měly výsadní postavení v použití zdobení uměleckých prací liturgického charakteru a nebo v dekoracích, které svým opulentním vzhledem a luxusem sloužili panovníkům jako projev jejich mocenského postavení. Mezi liturgické předměty, na kterých se povrchové úpravy plátkovými kovy nachází, patří zejména dřevěné objekty jako bohatě řezbované oltáře, sochy a skulptury, ikony, obrazové rámy, kazatelny, varhaní skříňe a nábytek. Výhodou této techniky je také to, že se může aplikovat na širokou škálu materiálů, kromě dřeva taktéž na kámen, kovy, keramiku, sklo a některé umělé hmoty. Dnes se pozlacovači věnují zejména restaurování a konzervaci památkových objektů. Z důvodu rekonstrukce poškozených míst, či jejich doplnění se používají materiály a techniky imitující původní zlacený povrch, jejichž charakterizací a průzkumem na vybraných vzorcích se tato diplomová práce zabývá.

Diplomová práce je zpracovávána na základě realizovaných technologických prací, za osobní účasti v ateliéru restaurování a pozlacování. Takto získané znalosti a dovednosti jsou detailně popsány v teoretické části zabývající se komplexní problematikou pozlacování materiálů a technologií v oblasti zlacení historických dřevěných objektů.

# 1. TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1.Tradiční materiály používané v pozlacování

**Klihy** jsou podle chemického názvosloví rozpustné proteiny získané částečnou hydrolýzou kolagenu, který je základní stavební složkou živočišných tkáňových struktur, jako jsou kůže, kosti a šlachy [1]. Jsou to druhy lepidel v současnosti používaných pro lepení dřeva a papíru. Klíh tvoří při zlacení základní spojení s podkladovými materiály a křídováním a zároveň s ním lze upravovat savost dřeva pod křídou dle potřeby. Slouží v podstatě jako vodové pojidlo v pozlacovačské praxi a používá se, aby bylo možné kovové fólie leštit, což je hlavním požadavkem pozlacování [2]. Dodává spojení mezi polimentem a kovovým plátkem pružnost, která samotné leštění umožňuje a zároveň samotný proces leštění pomocí achátů usnadňuje.



**Obr. 1.1 :** Kostní klíh ve formě šupinek [22].



**Obr. 1.2 :** Kostní klíh v rozeřtém stavu [23].

**Klih kostní**, též truhlářský je nejběžnějším druhem klihu a získává se z dobytčích kostí (Obr.1,2). V minulosti se připravoval vařením hovězích chrupavek a paznehtů a poté se vléval na koryta, kde při chladnutí tvoří tuhou hmotu, která se pak zpracovává, krájí a suší. Takto získaný klíh se označoval jako tabulový. V současnosti se vyskytuje v několika typech, nejčastěji ve formě drti, šupinek či perliček. Byl v minulosti používán pro úpravu savosti dřevěného podkladu pod křídou. V současnosti se také používá jako adhezivum pro přípravu tzv. křídových mas, pomocí kterých se zhotovovali technikou vytlačování různé dekorativní prvky z forem [1,5].

**Klih kožní** je nejpoužívanějším typem pro pozlacovačské práce, jelikož je nejčistší a kvalitnější. Má také lepší elastické a adhesivní vlastnosti, je světlejší a průsvitnější. Vyrábí se z kožařských odpadků nebo z odchlupených zvířecích kůže a chrupavek telecích, ovčích, kozích a srnčích. Nejvyšších kvalit dosahuje klih zaječí, nebo králíčí (totinový) klih francouzský tzv „Totin“, který je vyráběný výhradě firmou Lefranc v Paříži [3,4].

**Klih rybí**, označovaný také jako „vyzina“ se připravuje z rybích kostí a chrupavek, nebo z rybích měchýřů. Název vyzina vznikl od druhu jeseterovité ryby vyzy. Vyznačuje se čírostí a má silnou lepivost. Jsou známy už od raného středověku a jsou používány zejména pro svou schopnost vysychání bez pnutí. V pozlacovačské praxi se používá na přetahování matového zlacení [3,5].

**Želatina** je rozpustná proteinová bílkovina, která vzniká částečnou hydrolýzou kolagenu z kostí a kůží a která se dále chemicky upravuje bělením propíráním a vyluhováním horkou vodou až se získá čirý roztok želatiny. Poté se znovu filtruje, zahušťuje a nechává ztuhnout. Poté se z ní extrahuje přebytečné množství vody sušením, či sušením ve vakuu. Jedná se v podstatě o velmi jemnou a čistou formu klihu, která se dnes distribuuje v průhledných nudličkách, tenkých lístcích, nebo v prášku. Při ohřevu na 35°C se rozpouští a tvoří ve vodě vysoce viskózní roztoky. Dnes se používá hojně v restaurátorské praxi [3,5].

**Křída** je z chemického hlediska uhličitán vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ) o různé čistotě, podle lokality může obsahovat také přímíšeniny křemičitých hornin, zkamenělin atd. Vznikla usazením skořápek drobných mořských živočichů. Křída tvoří hlavní složku podkladu pro pozlacování a používala se pro tyto účely již od starého Egypta. Kromě křídý se také používal sádrovec, záleželo na dané lokalitě starověkých dílen.

V pozlacovačské praxi se používají křídý různých druhů, zejména křídý horské (tedy šedé), šampaňské, boloňské, německé, burgenlandské. Tyto názvy pocházejí podle proveniencí, kde se křída těžila a používala. Na světle je křída stálá, smísená s oleji má malou krycí schopnost, s vodnými pojivy poté nepatrně lepší. Podléhá alkalické reakci, kde za reakce i slabých kyselin dochází k rozpadu a uvolňuje oxid uhličitý [3,4].

**Horská křída** (též křída horní, mnichovská, nebo kamenná) je najemno namletý vápenec šedavé, šedožluté až šedorůžové barvy z jurských formací dovážená z Rakouska

z oblasti bavorských a rakouských Alp. Tato křída se používá od středověku jako základní vrstva podkladu pro svoji schopnost vyššího pojení a vytváření homogenních vrstev [3,6].

**Plavená křída** se získává plavením a čištěním rozemletých křídových hornin v usazovacích kádích, kde zbavuje hrubších příměšků. Podle země původu se někdy také nazývá německá. Vyskytuje se v několika kvalitách jako užitková křída pro malířské účely, nebo jako jemná plavená křída 63A, 63B a C, 45, 32 a tzv. mikrotermní křída. V pozlacování byla používána do spodních vrstev pod boloňskou křídou, dále také jako podklad pod polychromii nebo imitaci temperových mramorů. Dnes se často přidává jako plnivo do tmelů nebo šepsů [3,5,6].

**Boloňská křída** je tzv. mrtvě pálený, jemně mletý sádrovec. Pro svoji měkkou texturu se používá jako změkčující přísada k normálním (tvrdým) křídám. Ve středověku se používala v Itálii jako důležitá součást podkladů pro deskové malby, dobře se brousí a leští. V pozlacování se používá k přípravě podkladů pod leštěné zlacení, pro svou krycí schopnost a výbornou elasticitu. Komerčně se prodává v blocích jako těžká boloňská křída, nebo v prášku jako lehká boloňská křída [3,5,6].

**Šampaňská křída** se těží ve Francii v oblasti Champagne a je nejčistším druhem křídou. Má tvrdou strukturu a je velmi bílá, používá se k přípravě svrchních vrstev jemných kvalitních podkladů. Dobře se brousí a leští [3,5].

**Hlinky**, obecný pojem pro křemičitany hlinité, které vznikají rozpadem nerostů a hornin. Hlinky jsou tedy hlinité materiály tvořené kaolinitem, illitem a montmorillonitem. Používají se zejména ty, které mají výrazně bílou barvu především jako plastifikátory do podkladů a polimentů. Běžný kaolin má šedé, hnědé a žluté barvy, avšak plavený čistý kaolinit je porcelánová hlina, jehož odrůdou je tzv. bílý bolus [3,5].

**Bolus** je základní substancí, ze které se připravuje poliment, na který se posléze pokládají plátky zlata a k tomuto účelu se používá již od počátku 17. století. Prodává se ve formě homolí, nebo tyčinek, v současnosti se dá pořídit už napastovaný (Obr.3). Bolus, z řeckého slova BOLOS = zemská hrouda. Je to přírodní hlina složená z hlíny, příměsí křemene a oxidu železa. Chemickým složením se jedná o hydratovaný křemičitan hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Vyskytuje se a používá v několika různých odstínech: červeném,

žlutém a šedomodrém. Červený poliment obsahuje složku bolusu, tzv. arménský bolus (též arménská hlinka) – jemná červená hlinka tvořená oxidy Fe která se na omak jeví mastně. Červený odstín pochází z hydratovaného oxidu železitého, respektive z jeho minerální formy goethitu. Arménská hlinka je nejstarší užívanou surovinou pro přípravu polimentu, zejména ve středověké knižní malbě a dodnes je považována za nejkvalitnější. Kvalitní bolusové hlinky se těží také ve Francii, Německu, Bavorsku, Sasku a Slezsku, dříve i v Čechách [3-5-7].



**Obr. 1.3 :** Různorodé tvary a barvy nabízeného bolusu: homole, tyčinka [5].

**Poliment**, latinsky leutoforium, z francouzštiny polir – hladit. V pozlacovačství poliment tvoří pružný podklad, neboli nosič plátkových kovů na základě dvou vlastností : savosti povrchu a leštitelnosti. Je to prostředek pro dosažení hladkosti, lesku určité pozlacené věci, konkrétně pro zlacení na lesk. Hlavní složkou polimentového podkladu jak již bylo zmíněno, je hlinka zvaná bolus. Může to být poliment, červený, žlutý, černý, či šedý. V současnosti jsou nabízeny již komerčně firmami jako LeFranc (Obr.4), Kremer avšak přesné složení a obsah jiných látek je výrobním tajemstvím výrobce. Podle použitého pojiva rozeznáváme buď zlacení na poliment vaječný, nebo na poliment klišový. Poliment se nanáší na křídový podklad a to v několika vrstvách a bezprostředně před pokládání zlaté folie je třeba ho navlhčit etylalkoholem, tzv. máčedlo [3,4,5,7].



**Obr. 1.4 :** Červený poliment, LeFranc, 1kg balení [24].

**Mixtion**, neboli pozlacovačská fermež, je základní prostředek při pokládání zlata na mat, tzv. matové zlacení (Obr.5). Mixtion je hustá olejovitá tekutina a v podstatě je to částečně zoxidovaný a tedy předpolymerovaný lněný olej, jež po určité době zasychá. Přípravuje se z nejlepšího lněného oleje lisovaného za studena a poté se po dobu několika hodin zahřívá při bodu varu za stálého probublávání vzduchem, než dosáhne určité viskozity. Základní vlastností mixtionu je, že musí rychle zasychat ale naopak jeho povrch musí zůstat déle lepivý. Podle doby tuhnutí rozeznáváme 3 hodinový, ale také 6,12,24 a 32 hodinový. U mixtionového zlacení křídlová vrstva může být slabší než u zlacení na lesk a mixtion se může nanášet přímo na šelakový, nebo olejový podklad. Zlacení na mixtion je levnější vzhledem k menší pracnosti a časové náročnosti [3,5].



**Obr. 1.5:** Mixtion, výrobce LeFranc, tříhodinový, 75, 250, 1000ml [25].

**Mordant** je voskopryskyřičná směs se značnou lepivostí. Pro tuto vlastnost byla používána jako náhražka mixtionu, jelikož tvoří velmi pružný podklad pro plátkové zlacení. Slouží také jako základ odstranitelných tmelů [3,7].

**Šelak** je jediná pryskyřice živočišného původu. Je produktem látkové výměny hmyzu *Laccifer Lacca* nebo *Tachardius Lacca*. Surový šelak se odlamuje z povrchů větví a kmenů stromů – indických smokovníků. Do obchodů se distribuuje ve formě šupinek v celé řadě odstínů (Obr.6). Slouží k přípravě lihových laků a politur [3].



**Obr. 1.6 :** Šelak v různých variantách barevného odstínu [26].

## 1.2. Plátkové – lístkové kovy

**Zlato** (Au - Aurum), atomové číslo 79, atom. hmotnost 198,9, teplota tání 1064°C, hustota 19,32 g/cm<sup>3</sup>. Vyznačuje se vynikajícími fyzikálními a chemickými vlastnostmi, je stálé na vzduchu a nepodléhá korozi. Zlato má výborné mechanické vlastnosti - tažnost a kujnost. Název pozlacovačského řemesla pochází právě od tohoto materiálu, avšak dnes je tato profese spíše vzácná a velmi vážená. Zlato se vyskytuje ryzí ve formě plíšků a zrn. Je rozpustné pouze v lučavce královské, roztocích kyanidu a ve rtuti, se kterou tvoří tzv. amalgam, který je podstatou zlacení v ohni. Ryzí zlato se označuje v karátech jako 24 karátové (1000/1000). Jeden karát je 1/24 obsahu Au ve slitině. Pro účely pozlacování se zlato mísí se 2 karáty stříbra, nebo mědi. Zlato používané pro práci a expozici v exteriéru se nazývá dukátové, má obsah 98,6% zlata. Příměsové prvky udávají kvalitu a odstín výsledné slitiny. Měď zlato zbarvuje do červena, stříbro do žluta, nebo žlutozelená. Zlaté plátky se zpracovávají, velmi sofistikovaným a náročným způsobem technikou zlatotepectví, kde se tato technika historicky vyvíjela a zdokonalovala. Tloušťka dnešní zlaté folie se pohybuje kolem 1/10 000 milimetru. Zlaté plátky se formátují ořezáváním nejčastěji na rozměr 80x80mm, také na formát 70x70 a

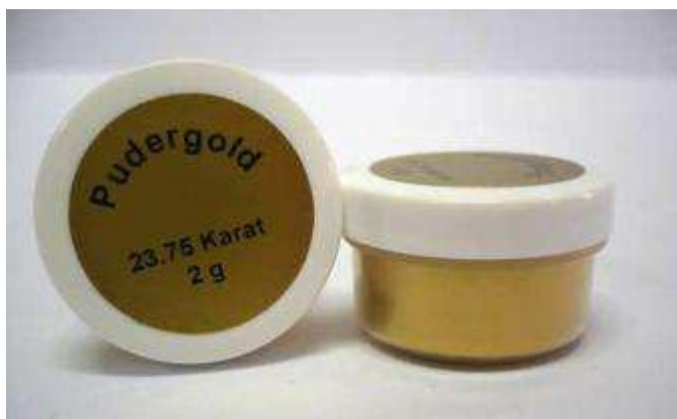


výjimečně i na 65x65, nebo 95x95 – podle výrobce. Takto zpracované zlaté lístky se za pomoci dřevěných klíštěk vkládají do tzv. knížek po 25 listech (Obr.7), zhotovených z jemného hedvábného papíru [3,4,5,8].



**Obr. 1.7:** Knížka se zlatými lístky po 25 kusech, 22 karátové zlato, výrobce: J.G Eytzinger GmBh (Německo) [27].

**Práškové zlato**, historicky též mušlové zlato (Obr.8) se připravuje drcením odstřížků a odpadů plátkového zlata při jeho přípravě, nebo se také připravovalo srážením roztoků solí zlata pomocí redukčních činidel. Ve středověku se mušlové zlato připravovalo jen z odstřížků a odpadů, jak již bylo zmíněno a prodávalo se již utřené s vaječným bílkem a prodávalo se v malých mušličkách, které nahrazovaly misky. Dnes se pojí arabskou gumou a standardní ryzost je 23,75 karátu [3,5].



**Obr. 1.8 :** Práškové zlato 23,75 karátové, 2 g [28].

**Stříbro** (Ag - Argentum), atomové číslo 47, atom. hmotnost 107,8. Je to ušlechtilý, bílý, lesklý, tažný a kujný kov. Vedle zlata se jedná o další velmi významný kov, který se technikou zlatotepectví zpracovává. Stejně jako Au se tepe ve fólie, avšak podstatně silnější,

obvykle o tloušťce 0,004 mm. K tepání se vždy užívá čistého stříbra, slitin s jinými kovy nikoliv. Povrch stříbra se vlivem oxidace časem pokrývá hnědými až černými korozními produkty síry, proto se vždy opatřuje lakem. Plátkové stříbro se používalo jako náhražka zlata již v knižní malbě, vrcholu dosáhlo používání stříbra v 15. století v polychromní technice pozdně gotické plastiky a v baroku. Formátuje se na plátky o rozměrech větších než je tomu u zlatých lístků, 80x80, 85x85, nebo 95x95 mm do sešitků o 25 listech (Obr.9) [3,4,8].



**Obr. 1.9:** Plátkové stříbro, rozměry 95x95 mm [29].

### 1.3.Náhražky zlata, jiné plátkové kovy

Obecně se jako náhražky zlata označují jiné kovy než zlato a stříbro a řadí se sem vytepávané obecné kovy bez ohledu na jejich barevnost kovové slitiny [5].

**Metal** je slitina mědi a zinku a podle obsahu mědi se pohybuje na hranici mezi tombakem a měkkou mosazí. Je to nejrozšířenější náhražka zlata a používá se výhradně v interiérech a povrchově se upravuje šelakem proti oxidaci, která se projevuje změnou barvy až zčernáním. Poměr slitinových kovů udává barvu, rozeznáváme metal oranžový (85%Cu, 15% Zn), světle oranžový (80%Cu, 20% Zn), citronový metal (75%Cu, 25% Zn) a zelený metal (70%Cu, 30% Zn). Rozměry plátků jsou 160x160mm, v balení tzv. paketu jich je 500. Oproti zlatu jsou folie silnější, dotepávají se na tloušťku 0,002 mm lze s nimi manipulovat prsty. Metal nelze vyleštit achátem do vysokého lesku jako zlato a lepí se na olejové lepidlo mixtion. Cena metalu je přibližně 12x nižší než u zlata a hlavními výrobci jsou dnes Německo a Itálie [3,4].

**Cínová fólie** je nejstarší používanou náhražkou zlata a stříbra. Cínová fólie se zpracovává nastříháním tenkého plechu, ústřižky se poté dále zpracovávaly stejně jako zlato tepáním. Tloušťka fólie je ovšem značně větší (asi 0,1mm). Povrchová úprava na imitaci zlacení se prováděla výhradně technikou zlatolaku, neboli waschgoldu. Cínová fólie má také sklon k oxidaci projevující se zešedivěním povrchu a také je náchylná k tzv. nemoci cínu (cínový mor). Při tomto degradačním procesu dochází k úplnému rozpadu modifikace cínu  $\beta$  na  $\alpha$ . Tento jev může nastat pouze u dlouhé expozice čistého cínu při nízkých teplotách [3,4,9].

**Hliníková fólie** se používá jako imitace stříbra, kvůli jeho barevné nestálosti a vyšší ceně. Vyrábí se z čistého hliníku a tepe se stejným způsobem jako stříbro, nebo zlato. Distribuuje se ve čtvercových formátech o straně 80 až 180 mm jako plátky prokládané papírem v sešitcích, nebo neprokládané v blocích o 50 kusech. Postup pokládání hliníkového plátku je obdobný jako u práce s metalem. V současnosti hliníkovou fólii nahradil cín, který se stejně jako hliník musí opatřit ochrannou vrstvou laku [3,4].

**Musivní zlato** patří mezi nejstarší zlaté práškové pigmenty. Chemicky jde o disulfid cínu ( $\text{SnS}_2$ ), který je svým vzhledem podobný s práškovými bronzemi. Je stálé a dá se částečně leštit [3,5].

**Musivní stříbro** nazývané též mušlové je dnes již téměř neznámou náhradou stříbra používané dříve hlavně v knižní a deskové malbě. Jednalo se o směs cínu, bizmutu a rtuti v podobě prášku, který se pojil arabskou gumou [3].

**Práškové bronz** jsou náhražkou zlata ve formě prášku, jsou to kovové práškové pigmenty. Pojidla bronzových prášků se odborně nazývají jako tinktury, které kromě dobrých pojivých vlastností nesmí ovlivňovat výslednou barvu a lesk bronzí. Dnes jsou prodávány ve formě laku, se kterým se může hned pracovat. Jsou nabízené v široké škále odstínů [3].

#### 1.4.Současný postup zpracování zlatých fólií od vytváření slitiny po jejich ukládání do knížek



**Obr.1.10 :** Postup zpracování zlatých fólií, detail postupu ad a) – s) [10].

V současnosti je užíván následující postup výroby zplátků zlata, který je dale popsán a graficky znázorněn na Obr.1.10. Zlatý plátek se skládá z čistého zlata a dalších legujících prvků, nejčastěji stříbra a mědi. O čistotě zlata svědčí certifikát uveden na Obr 1.10a). Na Obr 1.10b) jsou znázorněny zlaté váhy a tavící kotlík s vloženými složkami pro slévání zlata. Na Obr 1.10c) je znázorněn tavící kotlík s již vloženými složkami jednotlivých kovů. Vsázka zlata s příměsemi se odměřuje na váze – Obr. 1.10d). Další fází je zahřátí tavící pece na teplotu 1300°C, kde při této teplotě dochází ke spojení všech legujících prvků – Obr.1.10e). Poté se roztavený kov nalije do dlouhé obdélníkové formy - Obr 1.10f). Ve formě roztavený kov chladne a tuhne – Obr. 1.10g). Z výsledné slitiny se mechanicky připraví prut, tzv „cán“ zlata, který je protahován mezi válci pod rovnoměrným tlakem 1200 kg – Obr.1.10h). Takto

zpracovaný pásek zlata je dále několikrát válcován, dokud není dosaženo délky 50m a tloušťky 1/33mm – obr. Obr.1.10ch). Zlatý pás se nenavíjí, umístí se do kontejneru a vyhřívá znovu, aby zlato změklo – Obr..1.10i). Zlatý pás je přiváděn do stroje zobrazeného na Obr. 1.10j), který kov krájí na malé čtverečky o rozměrech 30mm<sup>2</sup>. Tyto čtverečky jsou pak naskládány na sebe, odděleny pergamenovým papírem. Na Obr.1.10k) je znázorněna první tepací forma, tzv. kveče. Zde se zlato zpracovává elektrickým pérovým bucharem, až rozměry kousků dosáhnou rozměru 130 × 130 mm. Počítačem ovládané zařízení, neustále otáčí se zlatým balením. Tyto stroje jsou nainstalovány v zabezpečené místnosti se speciálně vyztuženou podlahou. Po počátečním bití se zlatá fólie rozšiřuje po okrajích, tento list se poté nakrájí na čtyři čtvrtiny – Obr.1.10l). V rámci přípravy na závěrečné bití se balení pergamenového papíru lisuje a zahřívá ve vlhkém prostředí – Obr.1.10m). Pergamen se poté naplní čtvrtkami nakrájeného zlata, které jsou připraveny k tepání na jednotlivé plátky – Obr.1.10n). Složená a stlačená forma se převáže křížem řemeny z telecí kůže v balík tak, aby se během tepání udržel tvar. Tepání se dělalo a dodnes dělá na masivních hlazených žulových deskách – Obr.1.10o). V průběhu procesu bití jsou balení pravidelně otvírána a kontrolována. Tzv. šleháním zlata je zaručeno, že je zlato roztlučeno do pravidelného tvaru – Obr.1.10p). Jiný kontrolní proces sestává z foukání na list plátkového zlata a kontrolu na světle. Světlo je viditelné skrz pozlátko (plátek). Průsvitné nazelenalé fólie jsou v této fázi silné 0,0001 mm – Obr.1.10q). Plátek kovu je vyjmut z vytloukacího balíku, zkontrolován, zaformován, ořezán na čtverce do potřebných rozměrů a uložen do prodejní brožury - knížky – Obr.1.10r). Svitek zlata je vyroben zaprášením dlouhého kusu voskového papíru, prachem hlinky – Obr.1.10s). Plátky zlata, jsou poté umístěny vedle sebe na papír, s nepatrným překrytím okrajů. Papír a plátky jsou stlačovány těžkým přítlačným válcem. Toto lisování spojuje plátky dohromady do jednoho pokračujícího kusu. Stlačování lístků zlata proti papíru, dovoluje jemně lepivý hliněný prach, ten funguje jako adhezivo [5,10].

### 1.5. Přehled a popis základního nářadí pro pozlacování



**Obr. 1.11:** Základní nářadí ke zpracování zlatého plátku technikou zlacení na poliment, zleva: A-acháty; B-štětce (tzv. pokladače, navlhčovače); C-pozlacovačský polštářek (tzv. kist); D-pozlacovačský nůž.

**Acháty** se používají k finální úpravě - leštění položeného plátkového zlata na povrchu předmětů. Toto nářadí je složeno z vyleštěných kusů polodrahokamů opracovaných do různých tvarů (Obr.1.11 A). Tyto materiály jsou dále upevněny mosaznou objímkou a usazeny v rukojeti z tvrdého dřeva. V minulosti se až do 16. století místo achátů používal také opracovaný a vyleštěný krevel (hematit), nebo zasazený ametyst. Kromě těchto materiálů se také používali vzácněji též zvířecí zuby, zejména kančí, bobří, psí nebo vlčí. V dnešní době se používá výhradně achátů vybroušených a opracovaných do různých tvarů, nejčastěji tzv. palce, nebo kladivovou hlavou. Těmito tvary je možné leštit tvarově náročné profily v hloubkách (např. v drapériích soch) [3].

**Štětce** jsou pro pozlacovače nezbytnou výbavou. Vyrábí se ze zvířecích štětí, nebo srsti, záleží podle účelu použití daného typu štětce a také na jeho tvaru. Štětce se dělí dále na: štětínové, takzvané pokladače a navlhčovače (Obr.1.11B), jsou štětce určené pro navlhčování polimentu před položením zlata. Pokladač je vyrobený z veverčí srsti z ocásku vějířovitě zastřiženého v délce vláken přibližně 4 cm. Krom veverčí srsti se také používali jezevčí, nebo velbloudí. Navlhčovače, nebo taky navlazovače jsou štětce, sloužící k navlhčování polimentu před usazením zlata a jsou vyrobeny s medvědích chlupů, které musí být schopny po namočení vytvořit špičku [3,5].



**Pozlacovačský polštářek**, tato podložka, nebo také – kist slouží k přípravě a dělení kovových fólií. Jedná se o prkénko zhotovené převážně z dubového dřeva o velikostech 14-16x22-26 cm (Obr.1.11C), které je potaženo kůží a to buď jelenicí, nebo teletinou, která je vypodložena papírem, vatou či sukrem aby střed podložky byl lehce napouklý a měkký [3].

**Pozlacovačský nůž** je používán pro dělení zlatých plátků na polštářku. Vyznačuje se oboustranným ostřím a zakulaceným koncem (Obr.1.11D). Samotné ostří nože nesmí být příliš ostré, aby nedošlo k poškození plátku zlata. Brousí se podélně a po broušení se cíleně tupí přes špalek tvrdého dřeva [3].



**Obr. 1.12:** Náradí používané k opracovávání křídý, E-rašple (fajle).

**Reparirovací želízka** jsou kovové rašple (tzv. fajle) různě profilovaných průřezů, např. ploché, kulaté, trojúhelníkovité (Obr.1.12E). Slouží k tvarování a úpravě křídý, nebo k rytí. Bývají zasazené v dřevěné rukojeti a buď jsou celé nasekané, nebo hladké a mají ostří jen na hranách[3].



**Obr. 1.13:** Škrabky na křídý různých profilů a tvarů.

**Škrabky na křídú** (obr.1.13) slouží k technice gravírování do silnějšího křídového podkladu, ke kterému se v minulosti používala zejména křída boloňská, která musí být rádně vybroušená. Do takto předem připraveného křídového podkladu se dále ryjí různé ornamenty, plastická výzdoba různých tvarů a podob. Na křídový podklad se přes tzv. pauzovací papír otiskne ornament předem narýsovaný na tomto papíru. Pro dosažení základního tvaru se nejprve ornament tvaroval pomocí reparovacích železek a poté k samotnému gravírování speciálních škrabek [3].

## **1.6.Techniky zlacení**

Techniky tzv. pokládání plátkových kovů se od dob středověku prakticky nezměnily. V průběhu času však docházelo k vývoji a používání modernějších materiálů a s požadavky nebo potřebami slohového vývoje byly tyto techniky obohacovány o nové varianty a o nové materiály. Základní principy však zůstávají stejné až do současnosti [3].

### **1.6.1. Přehled technik zlacení předmětů z kovů**

**Zlacení v ohni**, jinak též žárové zlacení je nejstarší technikou barvení obecných i železných kovů. Jednalo se o technologicky náročný postup, při kterém byla na povrch méně ušlechtilého kovu vyloučena vrstva ušlechtilého kovu – zlata (Obr.1.14). Dnes se tato technika zlacení nepoužívá, jelikož rtuťové páry, které při tomto procesu vznikají jsou jedovaté a zdraví silně škodlivé a způsobují otravu rtutí. Jedná se o historickou technologii používanou již od 11. stol. až do 19. století, kdy tuto technologii nahradilo zlacení galvanické. Princip této metody spočívá v nanášení tzv. amalgámu na očištěný a naleptaný povrch kovu kyselinou. Amalgám vzniká rozpuštěním lístkového nebo práškového zlata ve rtuti. Ten se poté pomocí štětců nanášel na povrch pokovovaných předmětů a poté žíhal, kde docházelo k vypařování rtuti [3,11,12].





**Obr. 1.14 :** Detail žárového zlacení na zadní části dílů vlasů helmy sv. Václava[30].

**Zlacení plátováním** je silné pozlacování nebo postříbřování obecných kovů, nejčastěji mosazi, tombaku. Technika plátování zlatem nebo stříbrem byla známa již v antice, kde se často užívala při výrobě zbraní a vojenské výstroje. V podstatě se jedná o vykládání kovu kovem (tasie, taxírování, inlay), kde povrch kovu byl zdoben zatloukáním jiným měkčím kovem. Nejčastěji to bylo zdobení mosazi stříbrem, nebo cínem, nebo stříbra zlatem [13].

**Suché zlacení zatíráním** je technika lokálního pozlacování, používaná zejména ve zbrojářství ke zdobení ochranné zbroje, chladných, nebo střelných zbraní. Tato technika se používala v případě, kde nebylo možné použít zlacení v ohni, jelikož by došlo k tepelné degradaci kalené čepele [3].

**Galvanické zlacení** je metoda elektrolytického vytváření zlatého povlaku působením elektrického stejnosměrného proudu v galvanické – zlaticí lázni. Anodou je kov, jímž se pokovuje, elektrolytem je roztok solí tohoto kovu a katodou je předmět, který se pokovuje. Výchozím materiálem pro přípravu zlaticí lázně je chlorid zlatitý ( $\text{AuCl}_3$ ), který se získává rozpuštěním čistého zlata v lučavce královské (3 díly kyseliny chlorovodíkové, 1 díl kyseliny dusičné), odpařením lučavky a následným vysušením se získá z 1 g zlata 1,5 g chloridu zlatitého. Zlaticí lázně se v současnosti dělí na alkalické, neutrální a kyselé. Alkalické lázně obsahují zejména kyanid zlatitý, nebo kyanid draselný s rozpuštěným chloridem zlatitým. Příklad složení zlaticí lázně ke galvanickému zlacení za studena i za tepla: v 1 litru horké vody se rozpustí 8 až 10 g kyanidu draselného a 4 g chloridu zlatitého; napětí 2,1 V (anoda 10 cm od předmětu), hustota 0,15 A/dm<sup>2</sup> [12,7].

**Tamponové zlacení** se používá pro zlatnické a restaurátorské účely k selektivnímu dozlacení, nebo pozlacení vybraných ploch pomocí speciální galvanické tužky [14].

### **1.7. Základní rozdělení technik zlacení plátkovými kovy**

Jednotlivé techniky zlacení, kde je hlavním principem pokládání kovových plátků na lepidlo se dají podle lepidel rozdělit na :

- Polimentové zlacení: bílkový, klihový poliment,
- olejové zlacení (Mixtion),
- mordant,
- matové zlacení na vodová pojidla: do této kategorie patří zejména zlacení na klih, želatinu, bílek atd.,
- moderní disperzní pojidla (např. KGGG systém).

#### **1.7.1. Zlacení na poliment – zlacení na lesk**

Zlacení na lesk je tradiční technikou pozlacovačského řemesla a vznikla ve středověku odvozením od techniky zlacení v knižní malbě. Základním principem této technologie je, že se zlatá nebo stříbrná fólie pokládá na takový podklad, který svými fyzikálními vlastnostmi umožňuje vyleštění položeného plátkového kovu do vysokého lesku. Esenciální problematikou této technologie je tedy správná příprava podkladu pod plátkové kovy [3,5].

##### **1.7.1.1. Příprava podložky a podkladu**

Zlacení na poliment se provádí výhradně na podložkách ze dřeva, také na sádře a štuky. Před nanesením podkladu je zapotřebí plochy a profily dřeva dobře zbrousit a vyhladit. Je důležité, aby vlhkost dřeva nepřesáhla 10%. Místa výronu pryskyřice je potřeba odvrtat, případně vypálit a vytmelit. Obroušené plochy se nejprve slabě naklíží řídkou klihovou vodou, povrch dřeva tímto nabobtná a zplstnatí. Tím se dosáhne toho, že se opracováním přeřezaná vlákna dřeva zvednou a působením klihové vody vytvrdnou a dají se poté snadno brousit. Cílem této úpravy je dosažení hladkosti povrchu. Současně s tím se upravuje savost dřeva tak, aby došlo k dobrému spojení se základním klihokřídovým podkladem. Nejdůležitějším postupem této fáze je tedy kvalitní příprava klihové vody a její správné užití. Správné napuštění dřeva klihovou vodou poznáme podle toho, že se roztok zcela vpije do povrchu dřeva a dokonale uzavře jeho póry. Napouštění dřeva klihovou vodou se v minulosti

označovalo jako tzv. trenkování (z německého Leimtränken). Správnou koncentraci klišu, želatiny ovlivňuje i tvrdost daného dřeva, např. lípa je měkké dřevo a je vhodné jej napouštět hustším roztokem klišové vody. U smrkového třeba, které je tvrdší se může použít zředěnější roztok. Po napuštění dřeva je třeba, aby takto upravená podložka dobře vyschla a to při pokojové teplotě, nikoliv ohřevem [3,15].

#### **1.7.1.2. Příprava křídý**

V této fázi nanášení křídového podkladu je rozhodující správná příprava poměru klišu a křídý a také správná volba vhodné křídý. Křídový podklad většinou sestává z více vrstev, kde jednotlivé vrstvy mohou mít jiné složení. Hlavním účelem křídování je vytvoření dostatečně pružné vrstvy pod zlacení. Příklad receptu, podle kterého lze připravit křídu, tzv. grunt:

- 50 g kožního klišu
- 500-600 g boloňské křídý

Do sklenice nasypeme 50 g odváženého množství klišu a necháme jej přes noc nabobtnat (370 ml vody). Druhý den pozvolna zahříváme kliš ve vodní lázni, nesmí se vařit (cca. 60 °C). Nabobtnaný kliš se zvolna rozpustí a poté jej necháme mírně vychladnout. Připravenou odváženou křídu posléze vmícháváme do teplého, ve vodní lázni opět zahříváného roztoku. Rozmíchanou směs přepasírujeme přes jemné sítko a hotovou křídu necháme vychladnout. Připravenou křídu necháme alespoň 12 hodin uležet, uchováváme ji v chladu, nejlépe v ledničce [3].

#### **1.7.1.3. Nanášení křídý - křídování**

Nanášení křídových vrstev se liší podle druhu zlacení. Horní křída, první základní vrstva se nanáší na celou dřevořezbu. Tato vrstva se natírá jen tence, spíše se tupuje tzv. ripluje - krouživými pohyby za pomoci štětce aby se křídová směs co nejlépe zatřela a spojila s předcházejícím nánosem klišové vody. Pracuje se vždy s teplou křídou (kolem 30° až 40°C) a s každou vrstvou se může teplota snižovat. Teplý roztok křídové směsi vždy naleptá spodní vrstvu, v ní obsažený klíš a tak se vrstvy vzájemně propojí. Připravená křídovou směs – grunt se v dalších vrstvách nanáší štětcem tahy do kříže v několika vrstvách. Jednotlivé vrstvy křídý se nechávají proschnout před nanesením každé další vrstvy. Křída se nanáší podle potřeby ve 4 až 7 vrstvách a poslední vrstva musí být co nejhladší, připravena pro reparírování. Při zlacení na lesk by měly mít výsledně nanesené křídové vrstvy celkovou tloušťku zhruba 1,5

mm. Při restaurování úbytků křídových vrstev se počet vrstev liší, nanesených vrstev na nové podklady je zpravidla méně [3,5].

#### **1.7.1.4. Broušení křídových vrstev (reparování)**

Účelem broušení a tvarování (reparování) je dodat dřevořezbě původní vzhled a tvar, vyrobený již řezbářem. Křídové vrstvy se brousí za sucha i za mokra, kde se dává přednost suchému postupu, protože při mokřém broušení hrozí nebezpečí rozmáčení vrstev křídý. K broušení se používají malé rašple zvané „fajle“, želízka, pemza a skelné papíry různé jemnosti. Nástroje nesmějí na povrchu zanechávat hrubé a nepravidelné rýhy. Při broušení se musí jinak upravovat místa, která mají být zlacená na lesk a na mat, minimální tloušťka míst zlacených na lesk by měla být 1,5 mm. Připravený povrch se může dále zdobit dle potřeby gravírováním a prorýváním. Po konečném opracování se všechny plochy očistí pomocí jemného širokého vlasového štětce a připraví se k lešování [3,5].

#### **1.7.1.5. Úprava savosti (lešování)**

Účelem lešování (z německého löschen – „hašení“) je úprava savosti podkladu tak, aby došlo k vytvoření dostatečně přilnavého povrchu pro nános polimentu. Je to v podstatě izolace příliš savé podkladové vrstvy, kde se tedy savost obvykle snižuje. Při lešování se používá roztok klihu ve vodě, nebo roztok šelaku v lihu. Po lešování se nechá předmět opět dobře vyschnout a poté se přistupuje přípravě a aplikaci polimentu [3,5].

#### **1.7.1.6. Příprava polimentu**

Samotná příprava polimentu je v podstatě jednoduchá avšak vyžaduje soustředěnou pozornost, přesnost a hlavně čistotu při práci. Vrstva polimentu tvoří bezprostřední podklad pro plátkové kovy.

Podle zpracování se polimenty dělí na:

- poliment klihový (dnes se často používá želatina)
- poliment bílkový (pojený bílkem)

Volba polimentu se liší, práce klihovým polimentem je rychlejší, ale pomocí bílkového polimentu lze docílit hlubokého lesku [5].

**Poliment klišový** se připravuje smíšením 1 dílu zaječího klišu, nebo želatiny a 5 dílů teplé vody. Do takto připravené směsi se aplikuje jemně rozdrcený poliment. Konzistence roztoku nesmí být hustá, musí se dát dobře nanášet a bez zanechání stop po štětcí. Pro přípravu želatinového polimentu se nejčastěji volí želatina s 4% koncentrací v polimentu. K želatině se poté přidává napastovaný poliment (Obr.15) [3].

**Poliment bílkový** je tradiční, užívaný již u středověké knižní malby. Zlato na něm položené je výraznější, má hlubší a ohnivější lesk. Bílkový poliment se připravuje smísením polimentu s rozšlehaným vaječným bílkem, některé dílny ovšem používaly bílek nešlehaný. Při přípravě bílku se musí dbát na to, aby se v něm nevyskytovaly částice žloutku, které by vytvářely na zlacení skvrny [3].



**Obr. 1.15:** Materiály na přípravu polimentu; třecí deska(A), mramorový tříč tzv. běhoun(B), špachtle(C), houba(D), napastovaný poliment(E), poliment v homolích(F) [31].

#### 1.7.1.7. Nanášení polimentu (polimentování)

Pro nanášení polimentu se používají vhodné vlasové štětce různých tvarů a velikostí, záleží na tvaru a členitosti natírané plochy. Při práci s připraveným a uleželým polimentem je vhodné si potřebné množství pro práci nabrat do malé skleničky. Před polimentováním se plochy lehce překartáčují od prachu jemným kartáčem. Poliment se nanáší ve dvou vrstvách

tahy štětcem do kříže. U každého připraveného polimentu je stěžejní správný obsah pojítka, je tedy důležité před samotným nanášením provádět zkoušky na zkušební destičku. Tyto zkoušky prokazují, je-li málo oklížený, nebo v opačném případě překlížený [3].

#### **1.7.1.8. Pokládání zlata, zlacení**

Pro pokládání zlatých plátků se používá nářadí, jehož přehled je uveden v kapitole základní nářadí pro pozlacování. Při pokládání zlata je zapotřebí pracovat v naprosto čistém a bezprašném prostředí. V prostorech kde se pokládání kovových plátků provádí, musí být do maximální míry omezeno větrání prostor, jelikož sebemenší závan větru by mohly způsobit rozfoukání plátků zlata. Rozevřená knížečka se zlatými plátky se položí na horní část polštářku, který se drží v levé ruce. V pravé ruce se uchopuje pozlacovačský nůž, kterým se zlatý plátek do poloviny podebere a přenese pomalu na volnou plochu polštářku (obr. 16). Na polštářku se plátek dělí na díly o potřebné velikosti. Zlaté plátky se nekladou přímo vedle sebe, ale vždy s menšími přesahy, které musí být orientovány v jednom směru, jelikož se poté lépe leští. Poté se do pravé ruky uchopí štětec namočený do vlhčidla (máčedla) a natře se jím místo, kam má být položen plátek zlata. Na zvlhčenou plochu se ihned položí plátek, který se přenese štětcem pokladačem z polštářku. Štětec se musí zbavit případného statického elektrického náboje a to přejedením přes vlasy nebo hřbet ruky. Přichycený plátek se poté přiloží na navlhčenou plochu. Další plátky se poté pokládají vždy tak aby navazovaly na ty, jež jsou položené a to s malým přesahem. Po položení určité plochy zlatými plátky je zapotřebí nechat místo „uschnout“ aby se odpařilo přebytečné vlhčidlo. Zlato lze poté při usychání při pokojové teplotě po 2 až čtyřech hodinách leštit [3,5].



**Obr. 1.16:** pokládání zlatého plátku pomocí pozlacovačského nože[31].

### 1.7.1.9. Leštění zlata

K leštění položeného zlata tzv. pulírování se užívají acháty o různých velikostech a tvarech. Tahy achátem musí být vedeny po formě, tedy rovnoběžně se základními tvary členitosti povrchu. Při leštění odpadávají, nebo se uvolňují drobné částice zlatých plátků, které se musí z povrchu opatrně odstranit [3,5].



**Obr. 1.17:** – Zkušební destička, polimentové stříbření – černý bílkový poliment [5].



**Obr. 1.18:** – Zkušební destička, polimentové zlácení – červený bílkový poliment, čtyři různé druhy zlata [5].

Příklady předmětů zdobených technikou zlácení na lesk jsou chronologicky seřazeny podle uměleckých slohů chronologicky na obrázcích č. 19-21.



**Obr. 1.19 :** Egyptská maska, před restaurováním-konzervováním, detail okraje zlata [1].





**Obr. 1.20:** Zlatá Madonna pokrytá zlatým plechem, Dom-Schatzkammer, Essen, kolem roku 980 [5].



**Obr.1.21:** Madonna z Tuřan u Brna, 13. stol. [5].

### 1.8. Matové zlacení

Zlacení na mat se původně používalo tam, kde nebylo z technologických důvodů možné položené zlato vyleštit. V případě středověkých plastik měla být teoreticky všechna místa lesklá, ale v hlubokých místech drapérie rouch zlato leštit nešlo. Nevyleštěná místa však svým matným vzhledem podtrhovala plastický účinek řezbovaných tvarově členitých míst. Od baroka se tohoto efektu začalo využívat záměrně a v tomto období nacházíme celou řadu příkladů současného postupu zlacení v kombinaci na lesk a mat a to nejen u plastik, ale také u nábytkového mobiliáře a výzdob interiéru [3].

#### Techniky matového zlacení se dělí na:

- Matové zlacení na poliment (klasický postup jako u zlacení na lesk, pouze je vynechaný poslední úkon – leštění zlata)
- Zlacení na olej (mixtion)
- Zlacení na mordant
- Zlacení na vodová pojidla



## 1.9. Zlacení metalem

Metal je náhražka pravého zlata a používá se výhradně v interiérech a jeho povrch je potřeba chránit konzervačními prostředky před oxidací plátkového kovu. V minulosti se užívalo šelaku, dnes jsou mnohem vhodnější laky na bázi polymetakrylátu. Metal se nepokládá na poliment, ale používá se při olejovém nebo mordantovém zlacení. Příprava podkladu je stejná jako při zlacení na mixtion. Na nejčastěji dřevěnou nebo jinou podložku (mixtion se dá nanášet i na kov, kámen, štuk i textil) se nanese dvojí vrstva kamenné křídly stejně jako u polimentového zlacení. Na tuto vrstvu se nanesou další dva nátěry křídly boloňské. Následuje broušení a leštění křídlových vrstev a poté se povrch napustí několika nátěry zředěného šelaku. Na tento povrch se nanáší tenký nátěr mixtionu. Po zaschnutí mixtionu se fólie metalu kladou plochým vlasovým štětcem [3,15].

## 1.10. Moderní materiály v pozlacování – KGGG systém

V současné době se na trhu objevují inovativní materiály, které nahrazují materiály tradičně používané v pozlacování. Jedná se o řadu produktů na bázi akrylátových pryskyřic nabízených firmou Deffner – Johann. V České republice produkty této firmy nabízí firma art-protect ([www.art-protect.cz](http://www.art-protect.cz)) Jeden z těchto produktů je KGGG system (disperzní poliment), který nahrazuje klasický poliment. Tato řada produktů nabízených zmíněnou firmou nahrazuje kompletně všechny materiály: kliš, křídla i síťovací prostředek (ethylalkohol).

### Popis jednotlivých produktů nabízených firmou Deffner – Johann:

**KGGG systém** - je kompletní, za studena používaný základ pro dosažení vysokého lesku leštěním u zlata, stříbra, paládia a neušlechtilých kovů, přednostně v jejich plátkové podobě. Používá se nátěrem po zředění na optimální konzistenci normální vodou z vodovodního řádu. Film vytvořený KGGG spojuje vlastnosti křídlového podkladu s polimentem. Pro pozlacování na lesk při použití KGGG není potřeba ani křídlový podklad, ani poliment. Většinou 3-4 vrstvy studeného KGGG vytvoří leštitelný, pevný základ pro plátkové kovy. Dodává se ve verzi B:hnědá,Bi=intenzivní hnědá,L:žlutá,S:černá,C:bílá,O:okrová,E:modrá [16].

**Kölner Reliefkitt** - prostředek na opravy obrazových rámců a reliéfů ze sádky a dřeva.

Vlastnosti: prášková směs minerálního pojiva kombinovaná z plniv, aditiv a dalším organickým pojivem.

Popis produktu: Kölner Reliefkitt slouží ve tmelící či špachtlovité konzistenci k opravě, doplnění, uzavření trhlin a modelování náhradních prvků obrazových rámců a plastických reliéfu zejména ze sádky, dřeva a imitací dřeva. Volné modelování malých dílenských kusů se také dá provádět tímto produktem [16].

**Instacoll system** - Instacoll Base tvoří společně s Instacoll aktivátorem systém Instacoll. Popis funkce: Instacoll je pokládací prostředek pro plátkové kovy, především plátkové zlato, zejména pak proti povětrnostním vlivům, odolné pozlacení na vysoký lesk v exteriéru.

Vlastnosti produktu: Instacoll je pokládací prostředek na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze. Podíl rozpouštědla je menší než 3%.

Popis produktu: Instacoll se dodává buď nepigmentovaný-čirý, který vysychá bezbarvě - transparentně, a pigmentovaný - žlutý vytvářející krycí film. Volba typu vychází z barevnosti podkladu a barvy vlastního plátkového kovu. Pokud povrch tvoří žlutý nebo okrově zbarvený podklad, pak se volí transparentní verze [16].

### **1.11. Techniky zhotovování plastických ornamentů formováním plastických hmot**

Tváření plastických ornamentů se může provádět odléváním tekuté hmoty, nebo vtlačováním plastického těsta do forem a po ztuhnutí se teprve vyjímají. Tímto se zhotovovali polotovary sloužící jako prvky plastických výzdob, které se dále povrchově upravovaly. V poslední době se plastické ornamenty pro rámařské účely vyrábějí lisováním z vhodných plastických hmot a v široké škále se dostávaly také do obchodů. Takto formované plastické prvky se připevňují na příslušnou podložku, upravují se tmelením a poté se natírají nebo pokrývají plátkovými kovy, či polírovacími bronzy. U nanášených nebo modelovaných hmot se musí nejprve dobře upravit podkladový materiál. U dřevěných podložek musí být povrch dobře očištěn a upraven penetrací napuštěním kličovou vodou (Obr.22) [3,15].



**Obr. 1.22 :** a) Ornament na podkladu rámu, b) forma z tvrdého dřeva (19. stol), c) současné typy forem z polyesterových pryskyřic [32].

### 1.11.1 Příprava a druhy hmot

**Klihov**á hmota. Pro přípravu klihové hmoty se používá klihový roztok v různých koncentracích a jako plnidel se používá obvykle plavené křídý, těživce a sádry s možným přídavkem pigmentů. Nejjednodušším případem klihové hmoty je klihokřídová masa, která se připravuje ze stejných hmotnostních objemů plavené křídý a alabastrové sádry mísenými klihovou vodou o koncentraci asi 40g kostního klihu na 1 litr vody. Dnes se již většinou klihokřídové a klihosádrové směsi nepoužívají z důvodu jejich citlivosti na působení vzdušné vlhkosti [3,15].

**Emulzní plastická hmota** s Lovosou (technická karboxymethylcelulóza, sodná sůl éteru celulózy): 4 objemové díly vhodného plnidla (plavená křída, hlinka nebo těživec) se nechají rozmočit s 1 objemovým dílem vody. Poté se nechá 12 hodin vytvrdnout a vzniklé těsto se důkladně prohněte a přidá se 1 objem. díl emulzního pojidla, které se připraví rozpuštěním Lovosy s 10 objemovými procenty lněné fermeže, nebo kopálového laku [3,15].

**Tvrdá plastická hmota z Lovosy.** 1 kg Lovosy se rozpustí v 15 l vody. Do této směsi se dále přidá 3 kg bílého cementu a 1 kg plavené křídý [3,15].

**Olejové plastické hmoty** se připravují ze stejných hmotnostních dílů zinkové běloby a olovnaté běloby, tato směs se poté roztře s fermeží na základní olejovou barvu. Do ní se dále přidá 5 hmotnostních % včelího vosku rozpuštěného v terpentýnu. Poté se ve vodě připraví 2% roztok octanu olovnatého, ke kterému se přidá horská křída, než vznikne řídká směs [3,15].

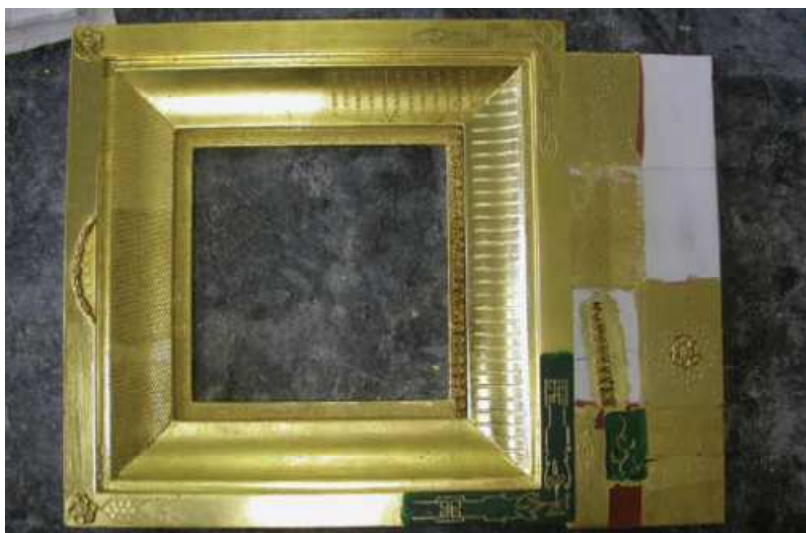
**Vařená pozlacovačská hmota** je velice oblíbeným typem hmoty pro vytváření plastických ornamentů nebo reliéfních struktur (používaných zejména rámaři) je tzv. vařená hmota. Pojivem je v této směsi většinou fermež (upravený sušený lněný olej). Tato hmota se vyznačuje značnou pružností a dobrou přilnavostí k podkladu, který je nutno předem upravit, resp. penetrovat napouštěcí fermeží. Snadno se zpracovává a dovoluje modelovat i vysoký reliéf.

#### **Příprava vařené pozlacovačské masy:**

Do teplé vody se namočí potřebné množství kaolínu a ponechá se několik hodin smáčet. Takto vzniklá hustá kaše se dobře rozmíchá a přidá se fermež, nebo stará olejová barva. Množství fermeže nebo barvy by mělo odpovídat 10% hmotnosti vsázky kaolínu. Takto připravená dobře rozmíchaná směs se nechá vařit. V jiné nádobě se připraví zmýdelněný roztok kalafuny (destilační zbytek z pryskyřice borovic, chemicky jde o směs slabých organických kyselin). Množství kalafuny se musí taktéž odvodit od vsázkového množství kaolínu a neměl by překročit 5%. Směs se vaří s vodou tak dlouho, až se kalafuna ve vodě rozvaří. Do vzniklé emulze se pomalu přidává koncentrovaný roztok amoniaku, který kalafunu zmýdelňuje. Kalafuna se poté přidává do vařené směsi a přidá se ještě 10 hmotnostních % kličové vody a malé množství včelího vosku. Řídký roztok se ještě za varu zahustí přidáním 20 až 25 hmotnostních % stavební sádry. Po odstavení z varu se směs nechá 24 hodin stát [3,15].

#### **1.11.2. Zlacení plastických ornamentů**

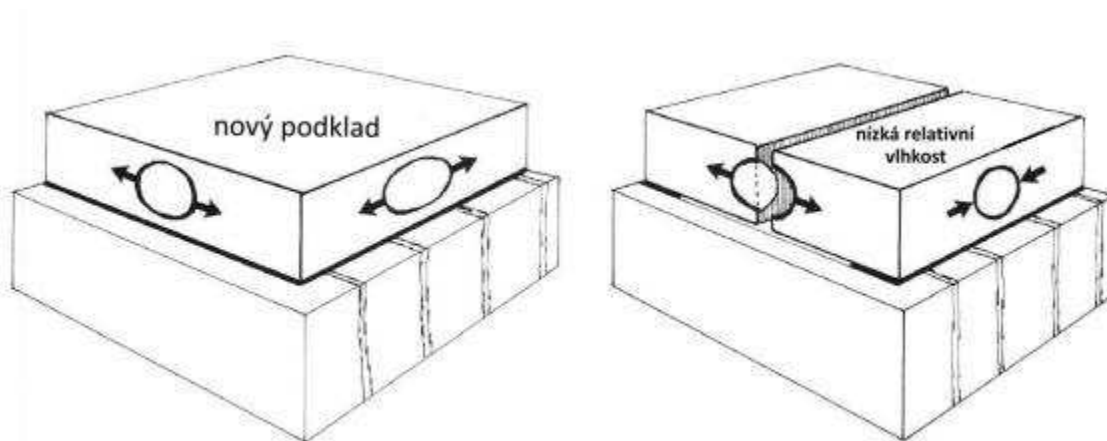
Při zlacení plastických ornamentů se používá vždy technika pokládání na olej (mixtion) a to pro všechny plátkové kovy. Při použití práškových kovů nebo pérovacích bronzí se povrch nejprve natře fermežovou barvou v základním odstínu použitého kovu a poté se nanáší kovový pigment v tinktuře, nebo naprašováním. Po očištění a odprášení přebytečného kovového prášku vlasovým štětcem se povrch fixuje roztokem šelaku v lihu. Pozlacené plochy je dále možno zdobit různými technikami (Obr.23) [3,15].



**Obr.23 :** Různé dekorační techniky při zdobení zlacených obrazových ráků [32].

### 1.12. Mechanismus vzniku trhlin ve zlacení

Některé pozlacené povrchy jsou náchylné ke tvorbě trhlin a praskání a některé naopak tvorbě trhlin nepodléhají i po staletí. Příčiny tohoto selektivního typu poškození nejsou zcela známy. Je obecně známo, že výkyvy relativní vlhkosti mají negativní vliv na mechanické vlastnosti materiálů obecně a tudíž i na pozlacený povrch dřevěných i jiných materiálů. Nejjednodušší vysvětlení tohoto jevu je možné interpretovat tak, že pohyb dřevěných vláken pod podkladovou vrstvou tvořenou z pojiva a plniva v podobě křídý, sádry či pigmentů (tzv. Gesso) zapříčiňuje a ovlivňuje mechanismus vzniku trhlin pozlacených předmětů ze dřeva. Gesso je pojem z italštiny „gesso rosso“ - spodní bílá silně krycí vrstva pod malbou tvořená sádrrou s pojivem. Praskliny totiž vznikají a šíří se rovnoměrně podél vláken dřeva. Jiná hypotéza uvádí, že k praskání podkladové vrstvy (tzv. Gessa) dochází v důsledku smršťování a následného roztahování dřeva vlivem uvolňování zbytkového napětí. Tento proces je znázorněn na obrázku č.24, kde vlevo představuje gesso při usychání s výskytem vnitřního pnutí. Vpravo je znázorněn vliv poklesu relativní vlhkosti na smrštění dřeva podél vláken, kde se tímto napětím ve směru vláken zvyšuje vlivem zpevnění podkladovou vrstvy a dochází k praskání. Trhliny se šíří od kraje podél vláken.



**Obr.24:** Makroskopický model Gessa na dřevě, vlevo nově zhotovená vrstva, vpravo při nízké relativní vlhkosti. Bubliny představují vady na hranách, kde může k praskání dojít [17].

Tento proces také ovlivňuje kvalita adhesivního spojení podkladové vrstvy se dřevem. A protože během schnutí podkladové vrstvy tato vrstva na dřevě drží místy jen částečně, může k praskání a vzniku trhlin dojít pouze v samotné podkladové vrstvě. V tomto případě v podkladu vzniká tzv. vnitřní pnutí, které je jednotné ve všech směrech. Vlivem tohoto pnutí pak může docházet k tvorbě trhlin a praskání od nejbližších míst k povrchu předmětu až k jeho konci a také k pohybu dřeva. Na proces tvorby trhlin má také vliv samotný plátkový kov a kvalita pozlacení. Kovový plátek nedodává povrchu pevnost, ale tvoří dokonalou bariéru pro vnik vlhkosti. Zlacený povrch z malé části obsahuje póry a vady, díky kterým vlhkost pronikne do hloubky a zapříčiní poté tvorbu prasklin [17].

## 2. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je průzkum složení povrchových úprav zhotovených technikou plátkového zlacení a technikami zlacení práškovými kovy na souboru historických předmětů. Hlavní pozornost je věnována obrazovým rámcům a jejich rekonstruovaným částem z plastických hmot. Vedle identifikace složení slitiny plátkových, či práškových kovů je zkoumáno prvkové, případně fázové složení pojiv a podkladových vrstev.

Diplomová práce je koncipována do následujících dvou částí: teoretické a experimentální, které jsou dále členěny.

Teoretická část ve formě literárního rozboru zahrnuje problematiku:

- Tradičních materiálů používaných k pozlacování,
- náradí a nástrojů pozlacovače,
- technik zlacení na poliment,
- matového zlacení a jejich technik,
- zlacení metalem,
- technik zhotovování plastických ornamentů a přehledem používaných hmot,
- mechanismem vzniku trhlin ve zlacení.

Experimentální část se věnuje:

- Popisu jednotlivých předmětů vybraných k průzkumu v rámci diplomové práce,
- optickým a metalografickým rozbořem vzorků,
- SEM analýzám složení slitin použitých kovových materiálů,
- FT-IR spektrometrie složení podkladových vrstev,
- výsledkům analýz plynovou chromatografií pojiv a podkladových vrstev.

V závěrečné části bakalářské práce budou vyhodnoceny a diskutovány získané teoretické a experimentální výsledky diplomové práce.

### 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část diplomové práce byla řešena v laboratořích Centra nanotechnologií (VŠB-TU Ostrava). Charakterizace vzorků pomocí světelné mikroskopie byla realizována v laboratoři Katedry materiálového inženýrství. Následují jednotlivé kroky řešení experimentální části práce, tak jak po sobě následovaly, včetně popisu.

#### 3.1. Experimentální vzorky

Soubor předmětů – experimentálních vzorků byl získán z depotu Slezského zemského muzea v Opavě (dále jen SZM) a z depozitáře konzervátorského centra Ústavu historických věd, filosoficko-přírodovědecé fakulty Slezské univerzity v Opavě. Experimentální vzorky byly z majoritní části tvořeny z předmětů s povrchovou úpravou plátkovým zlacením. Jednalo se o plátkové zlacení předmětů ze dřeva, části a fragmenty obrazových ráků (Obr.3.2;3.4). Kromě těchto tradičně používaných materiálů jako podkladů pro zlacení soubor obsahoval také materiály méně používané, převážně pro zhotovování drobnějších zdobných plastických prvků z tzv. pozlacovačské masy, která se používá pro zhotovování plastických zdobných prvků jako aplikací na obrazové rámy. (Obr.3.5;3.6;3.7). Dalším zkoumaným předmětem byl dřevěný stolní krucifix (Obr. 3.3), ozdobná hlavice nástavby barokní skříně (Obr.3.1).

Historické zdroje a dílčí popisy vstupních předmětů/vzorků jsou shrnuty v Tab. 1

Hlavním cílem diplomové práce bylo stanovení chemického složení povrchové úpravy, zejména plátkových kovových materiálů, případně jiných typů kovových materiálů, podkladových vrstev a použitých technik. V rámci prvotního průzkumu experimentálních předmětů byla realizována odborná konzultace s odborníky v oboru pozlacování, restaurátory a mistry pozlacovačského řemesla Mgr. art. Janem Bittnerem a Miroslavem Bittnerem v prostorách jejich ateliéru. Průzkumem jednotlivých předmětů bylo zjištěno, jakými technikami zlacení byly jednotlivé vzorky povrchově zdobeny a upravovány a také, jakými materiály a nástroji byly zhotovovány. Získané poznatky a znalosti byly poté využity a zhodnoceny při dalších fázích mikroskopických a analytických průzkumů.



## Tabulka č. 1: Popis experimentálních předmětů/vzorků



Obr. 3.1: experimentální předmět č. 1

### **Předmět 1: Ozdobná hlavice z nástavce na barokní sekretář, tzv. čůček**

Datace: přelom 17. a 18. století.

Zapůjčeno: Součást umělecko-historické podsbírky Slezského zemského muzea, v současné době probíhá restaurování v rámci Oddělení ochrany sbírkových předmětů SZM

Materiály: dřevo, podkladová kliho-křídová vrstva, plátkový kov.



Obr. 3.2: experimentální předmět č. 2

### **Předmět 2: Segment obrazového rámu z obrazu Portrét dámy**

Datace: 2. polovina 18. století.

Zapůjčeno: Součást umělecko-historické podsbírky Slezského zemského muzea, v současné době probíhá restaurování v rámci Oddělení ochrany sbírkových předmětů SZM

Materiály: dřevo, podkladová kliho-křídová vrstva, plátkový kov.



Obr. 3.5a, b: experimentální předmět/vzorek č.3

### **Předmět 3: Stolní dřevěný polychromovaný krucifix s výjevem kavalérie, se zdobným podstavcem**

Datace: 19. století.

Zapůjčeno: Depozitář konzervátorského centra Ústavu historických věd, filosoficko-přírodovědecké fakulty Slezské univerzity v Opavě

Materiály: obecný kov, dřevo, podkladová kliho-křídová vrstva, plátkový kov, pozlacovačská masa, polychromie.



**Obr. 3.4:**experimentální předmět č. 4

#### **Předmět 4: Úlomek z rámu obrazu sv. Hedviky**

Datace: 2. pol. 18. století.

Zapůjčeno: Součást umělecko-historické podsbírky Slezského zemského muzea, v současné době probíhá restaurování v rámci Oddělení ochrany sbírkových předmětů SZM

Materiály: Dřevo, kliho-křídlová vrstva, plátkový kov.



**Obr. 3.5:**experimentální předmět č. 5

#### **Předmět 5: Část plastické výzdoby rámu obrazu Venkovský dvůr, aut. Kurt Geabuer**

Datace: 1. pol. 20. století.

Zapůjčeno: Součást umělecko-historické podsbírky Slezského zemského muzea, v současné době probíhá restaurování v rámci Oddělení ochrany sbírkových předmětů SZM

Materiály: tzv. pozlacovačská masa, plátkový kov.



**Obr. 3.6:**experimentální předmět č. 6

#### **Předmět 6: Fragment plastické výzdoby obrazového rámu**

Datace: 2010.

Zapůjčeno: Část souboru testovacích odlitků, Oddělení ochrany sbírkových předmětů SZM

Materiály: tzv. pozlacovačská masa, plátkový kov.



**Obr. 3.7:**experimentální předmět č. 7

#### **Předmět 7: Fragment části plastické výzdoby rámu obrazu Umučení Krista**

Datace: 18. století.

Zapůjčeno: Součást umělecko-historické podsbírky Slezského zemského muzea, v současné době probíhá restaurování v rámci Oddělení ochrany sbírkových předmětů SZM

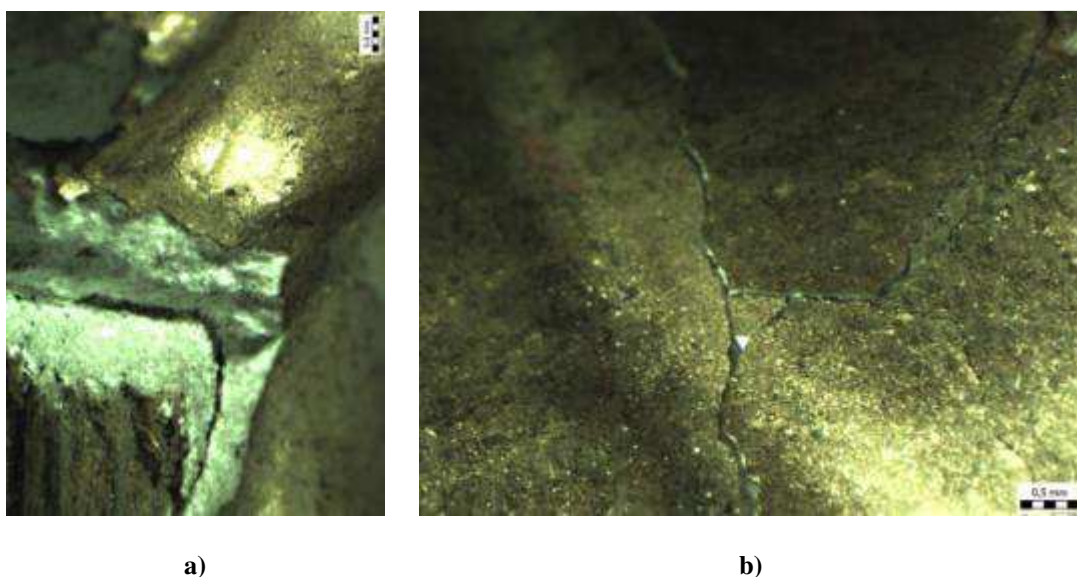
Materiály: pozlacovačská masa, plátkový kov.

### 3.2. Charakterizace experimentálních předmětů pomocí optické mikroskopie

Prvním krokem při průzkumu předmětů historické povahy, které mají být podrobené dalším analýzám je opticky posoudit zkoumaný materiál a stanovit odhadované složení, případně degradační či korozní poškození povrchu. Jednotlivé předměty byly pozorovány a dokumentovány za pomoci stereomikroskopu s připojeným digitálním fotoaparátem pro stanovení struktury povrchové vrstvy a případných degradačních procesů pod touto vrstvou. Fotodokumentace jednotlivých předmětů je uvedena na Obr. 3.8 – 3.14, při 0,8x až 2,0x – násobném zvětšení.



**Obr. 3.8:** Optický snímek povrchu předmětu č. 1 - **ozdobná hlavice z nástavce na barokní sekretář, tzv. čuček** (a). Detail povrchové vrstvy s podkladem a chybějícím zlacením, pod kterým je vidět červený poliment.



**Obr. 3.9:** Optický snímek povrchu předmětu č. 2 - **Segment obrazového rámu z obrazu Portrét dámy** (a). Detail povrchové vrstvy s chybějícím podkladovou vrstvou a zlacením, (b) trhlina na povrchové vrstvě zlacení



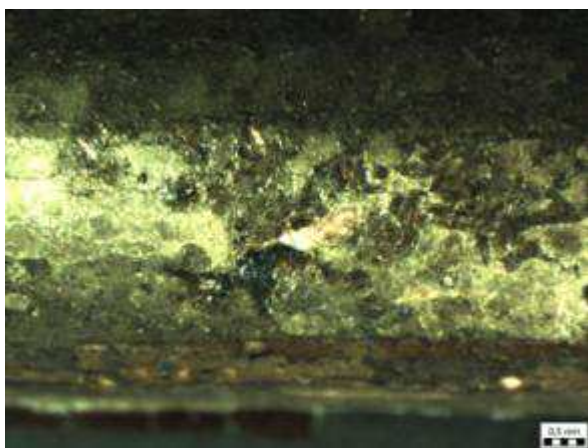


a)

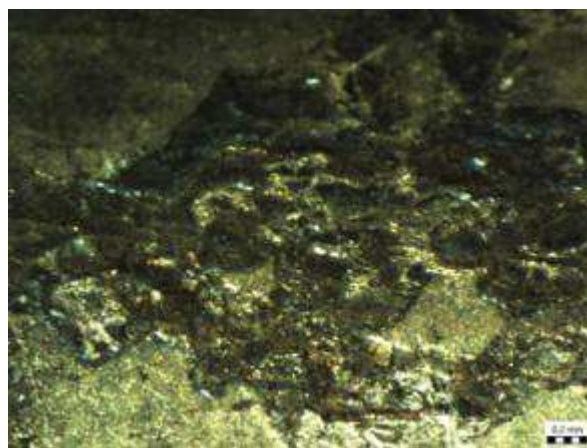


b)

**Obr. 3.10:** Optický snímek povrchu předmětu č. 3 **Stolní dřevěný polychromovaný krucifix s výjevem kavalérie, se zdobným podstavcem** (a). Pohled na zdobný podstavec s narušenou a místy zcela chybějící podkladovou vrstvou zlacení. (b) Detail poškozené polychromie na kříži.

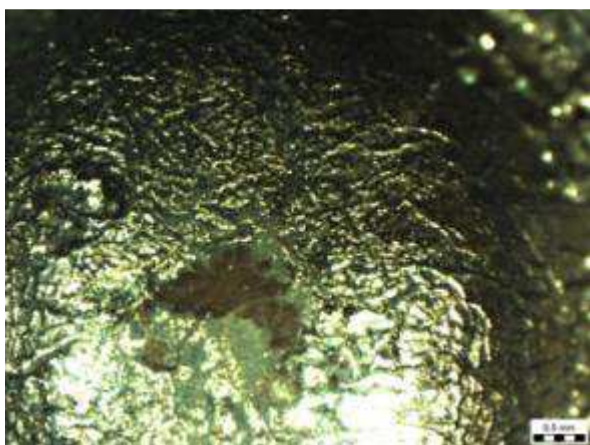


a)

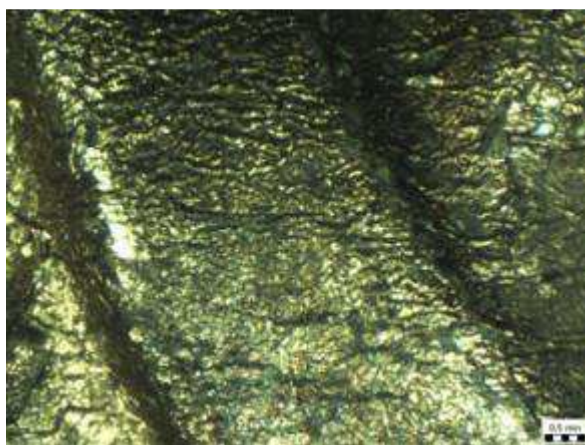


b)

**Obr. 3.11:** Optický snímek povrchu předmětu č. 4 - **Úlomek z rámu obrazu sv. Hedviky** (a). zbytky šelakového nátěru na zlacení, (b) Detail rozpraskané vrstvy šelaku na zlacení.



a)

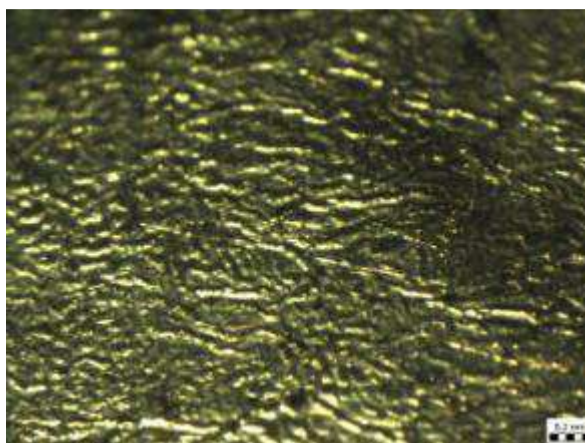


b)

**Obr. 3.12:** Optický snímek povrchu předmětu č. 5 - **Část plastické výzdoby rámu obrazu Venkovský dvůr, aut. Kurt Geabue** (a). Zkrakelovaný a místy chybějící kovový plátek až na podkladovou vrstvu, (b) Detail zkrakelovaného povrchu zlacení.



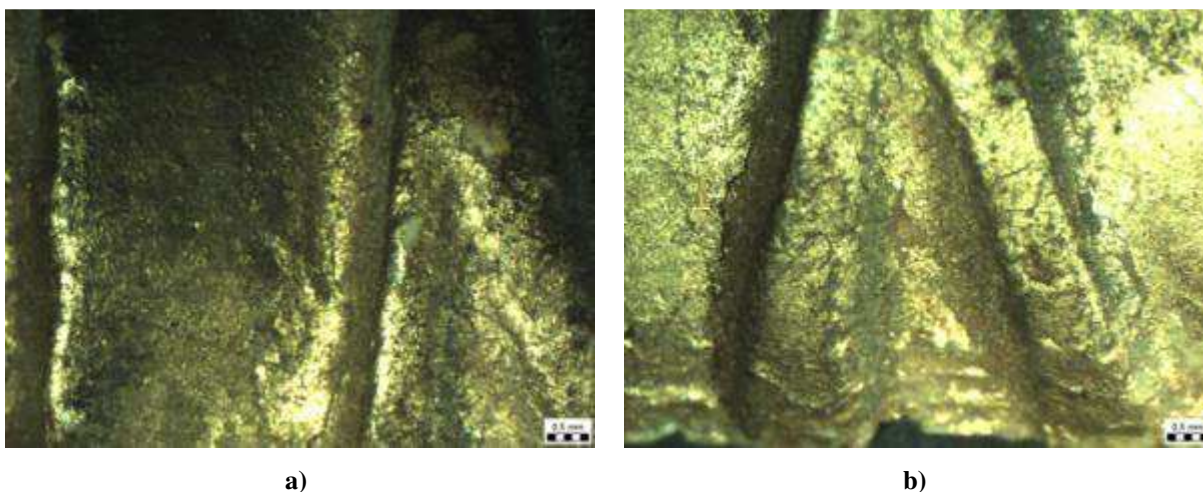
a)



b)

**Obr. 3.13:** Optický snímek povrchu předmětu č. 6 - **Fragment plastické výzdoby obrazového rámu** (a). Zkrakelovaný a místy chybějící kovový plátek až na podkladovou vrstvu, (b) Detail zkrakelovaného povrchu zlacení.





**Obr. 3.14:** Optický snímek povrchu předmětu č. 7 - **Fragment části plastické výzdoby rámu obrazu Umučení Krista** (a). Mikrotrhliny a chybějící zlacení až na podkladovou vrstvu, (b) Detail mikrotrhlin na zlaceném a poškozeném podkladu.

Optickým zkoumáním jednotlivých vzorků pod stereomikroskopem byl zjištěn současný stav povrchových vrstev, degradace a jejich poškození. U vzorků, kde jako podkladový materiál bylo použito dřevo se na povrchu vyskytují mikrotrhliny a popraskání plátkového kovu i celých podkladových vrstev vlivem degradace a roztažnosti dřevěných materiálů při výkyvech relativní vlhkosti. Mechanismus vzniku trhlin je vysvětlen v kapitole 1.12. Ty jsou příčinou praskání a vzniku trhlin a tzv. „krakeláže“ pozlacených ploch. [18] Předměty č. 1, 2, 3 tyto povrchové defekty obsahují.

U ozdobné hlavičky z nástavce na sekretář (vzorekč. 1) byla vrstva plátkového zlata místy zcela setřena až na podkladovou vrstvu – poliment a dále až na klišo-křídovou vrstvu, vlivem abrazivního poškození prachových částic na povrchu předmětu (Obr. 3.8). Segment z obrazového rámu obrazu Portrét dámy (vzorek č.2) místy popraskán s výskytem trhlin a místy poškozeným a chybějícím zlacením. Na spodním zdobném podstavci stolního dřevěného krucifixu (Vzorek č. 3) je plastická výzdoba z povrchu dřeva zcela odstraněna nebo poškozena. Samotný pozlacený povrch byl pokryt silnou vrstvou prachových depozitů. Samotný kříž krucifixu je silně zkrakelován a polychromie je poškozená a místy vydrolená. U Úlomku z rámu obrazu sv. Hedviky (vzorekč. 4) je pod mikroskopem patrná vrstva na zlatém plátku, mohlo by se jednat o šelak.

U vzorků č. 5, 6, 7, které jsou vyrobeny z pozlacovačské masy, jedná se o klišosádrovou, či voskopryskyřičnou směs plněnou okrem (pigment) či bolusem, je patrné degradační poškození tzv. smrštním. To je patrné pod zvětšením na pozlaceném povrchu předmětů č.5 a 6 (Obr. 3.12, 3.13) a projevuje se nežádoucí tvorbou vlánek a trhlinek. Tento degradační proces je pravděpodobně vyvolán ztrátou plastifikačních přísad adheziva mezi

plátkovým kovem a podkladem. Jako adhezivum pro pokládání kovových fólií na plastické hmoty bylo používáno klihu, či mixtionu. Degradace těchto materiálů, které jsou převážně na olejové bázi způsobuje tento typ poškození. Popis a charakteristika těchto materiálů je uveden v kapitole 1.1 Toto poškození je patrné zejména u vzorků č. 5 a 6. Na vzorku č. 7 je patrný výskyt mikrotrhlin a narušení povrchové vrstvy až na podklad.

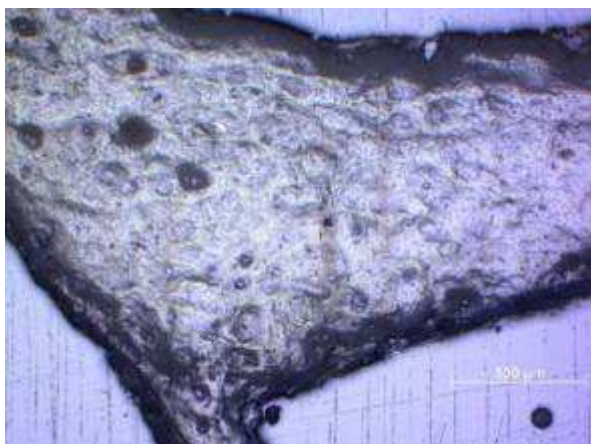
### 3.3. Metalografické studium experimentálních vzorků

Z jednotlivých experimentálních předmětů byly odebrány vzorky pomocí železného skalpelu, nebo odřezány lupínkovou železnou pilkou. Vzorky byly odebrány ze všech vzorků z míst, které byly opticky nejméně vitelné, převážně už z narušených nebo chybějících míst.

Vzorky byly poté zalité do forem epoxidovou pryskyřicí firmy KITTFORT, značka EPOXY1200 za účelem pozorování příčného řezu odebraných vzorků. Po vytvrdnutí pryskyřice byly vzorky broušeny a leštěny na rotačních přístrojích - leštičkách. Vzorky byly postupně broušeny na brusných papírech od hrubosti 400 až k leštícím smirkovým papírům s označením jemnosti 1500, následně leštěny. K leštění byla použita plavená křída.

Vzorky č. 5, 6, 7 byly broušeny a leštěny za přívodu tekoucího proudu vody, jelikož byly zhotoveny z plastické hmoty, která neobsahovala křídovou vrstvu, takže nehrozilo její vydrolení. Vzorky č. 1, 2, 3 byly broušeny na sucho bez přívodu vody, jelikož ta by mohla rozmělnit podkladovou křídovou vrstvu pod samotným zlatým plátkovým kovem a znehodnotit tím vzorek.

Pro fotodokumentaci experimentálních vzorků po metalografickém zpracování byl využit optický mikroskop značky OLYMPUS IX70. Jednotlivé snímky jsou zobrazeny na Obr. 3.15 - 3.20.



a)



b)

**Obr. 3.15:** Optický snímek ozdobné hlavice předmětu č. 1: a) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 5x, b) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 10x.



a)



b)

**Obr.3.16 :** Optický snímek ozdoby dřevěného krucifixu - předmětu č. 3: a) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 10x, b) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 20x.



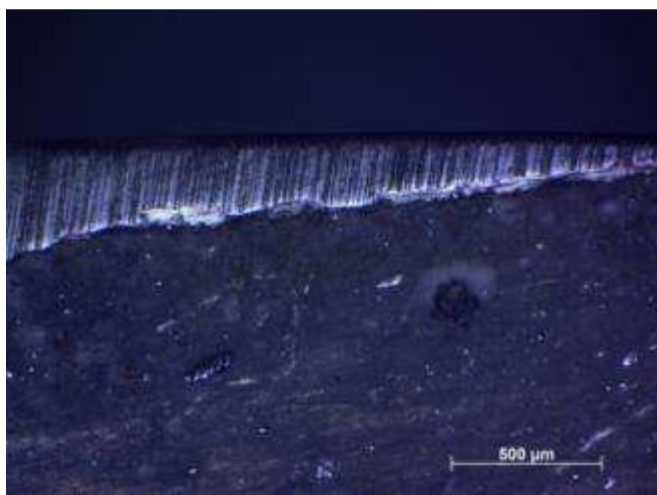
a)



b)

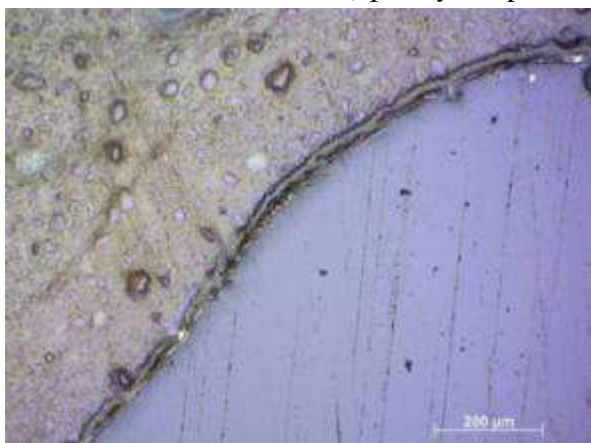
**Obr. 3.17:** Optický snímek úlomku z rámu obrazu sh. Hedviky - předmětu č. 4 : a) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 5x, b) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 10x.





a)

**Obr.3.18 :** Optický snímek části plastické výzdoby rámu obrazu Venkovský dvůr - předmětu č.5 : a) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 5x.



a)



b)

**Obr. 3.19:** Optický snímek fragmentu plastické výzdoby obrazového rámu - předmětu č. 6 : a) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 10x, b) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 20x.



a)



b)

**Obr. 3.20:** Optický snímek fragmentu plastické výzdoby rámu obrazu Umučení Krista - předmětu č. 7 : a) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 10x, b) příčný řez povrchových vrstev, zvětšeno 10x.

Pozorováním příčných řezů zhotovených nábrusů vzorků byly identifikovány jednotlivé typy podkladových vrstev. U vzorků č. 1 a 4 byla jako podkladová vrstva použita směs křídý a klihu, tzv. klihokřídová vrstva, která se nanáší přímo na podkladový materiál, v tomto případě na dřevo. Tento typ podkladu se provádí u techniky zlacení na poliment – na lesk. Pod samotným plátkovým kovem je patrná odlišná jemnější struktura polimentového podkladu (Obr. 3.15, 3.17). Ta vznikla pravděpodobně vlivem působení adhesivního činidla při vytvrzování a vsakování do podkladu.

U vzorku č. 2 nebyl proveden nábrus, jelikož podkladová vrstva pod zlatým plátkem zhotovená také pravděpodobně ze křídý, se vlivem broušení vydrolovala.

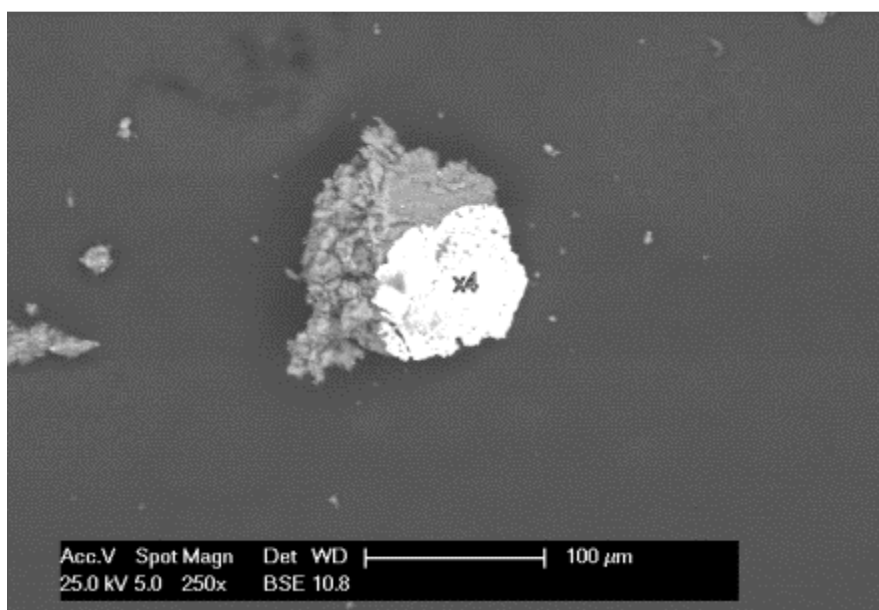
U vzorků č. 3, 5, 6, 7 byla pozorována odlišná struktura podkladové vrstvy, s více příměsemi, jelikož se jedná o tzv. pozlacovačskou masu. Tyto směsi by podle literatury [Losos, L. Pozlacování a polychromie] měly obecně obsahovat zejména: sádro, křidu, jemný oxid křemičitý a bělobu pojenou polyvinylacetátovou nebo akrylátovou pryskyřicí. Tyto typy pojiv se ale začaly používat až ve 20. a 21. stol. V minulosti se jednalo spíše o klihosádrové, či voskopryskyřičné směsi plněné okrem, či bolusem a jako pojiv bylo užíváno laku, fermež, kalafuny, či klihu. V současné době se kromě těchto tradičních materiálů používají hmoty plněné disperzními syntetickými pryskyřicemi [3].

### **3.4. Charakterizace vzorků pomocí SEM**

Skenovací elektronový mikroskop (SEM, *angl.* Scanning Electron Microscope) je zařízení, které k vyvolání fyzikálního signálu využívá pohyblivého svazku elektronů, který je vlastním zdrojem informací o místě dopadu primárního elektronového svazku[19]. SEM se využívá zejména pro studium povrchů a struktur různých typů materiálů. V případě, že je skenovací elektronový mikroskop zkombinován s energo-disperzním mikroanalyzátorem (EDAX), se této analytické metodě odborně říká elektronová mikroanalýza, která se významně rozšířila při průzkumu materiálů památek. Svazek primárních elektronů při dopadu na vzorek jednak uvolňuje sekundární elektrony, které se využívají k zobrazení povrchu preparátu, a jednak způsobuje excitaci vzorku. Excitované atomy látky při zpětném přechodu do základního energetického stavu vyzáří charakteristické RTG záření pro jednotlivé prvky. Tato analýza poskytuje informace, jak o kvalitativním, tak o kvantitativním složení studovaného materiálu [7].

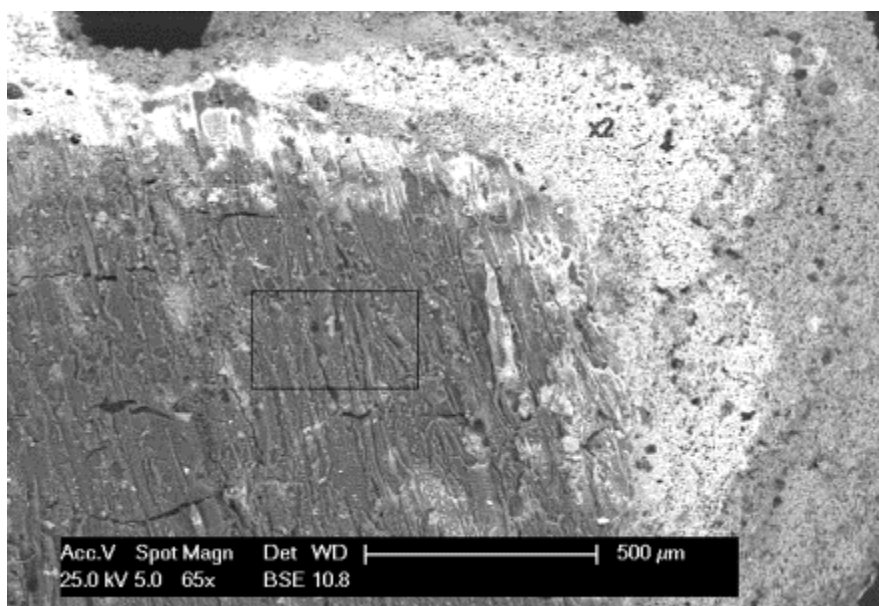
Pro tuto metodu nebylo nutné předměty nijak upravovat. Pouze u vzorků č.1 a č.2 bylo v důsledku jeho větších rozměrů přistoupeno k odebrání vzorku skalpelem, kde byla opatrně

odstraněna povrchová vrstva kovového plátku i s podkladem a tento vzorek se poté v práškovém stavu umístil do komory mikroskopu. K mikroskopické analýze byl použit mikroskop PHILIPS XL SERIES 30. Snímky byly pořízeny při urychlovacím napětí 25kV pomocí detektoru zpětně odražených (BSE) elektronů. Jednotlivé vstupy jsou uvedeny na Obr. 3.21 – 3.29 a to včetně kvantitativních a kvalitativních elementárních složení. V tabulce jsou vždy uvedeny pouze složení nad 4hm.%, což je detekční hranice analýz.



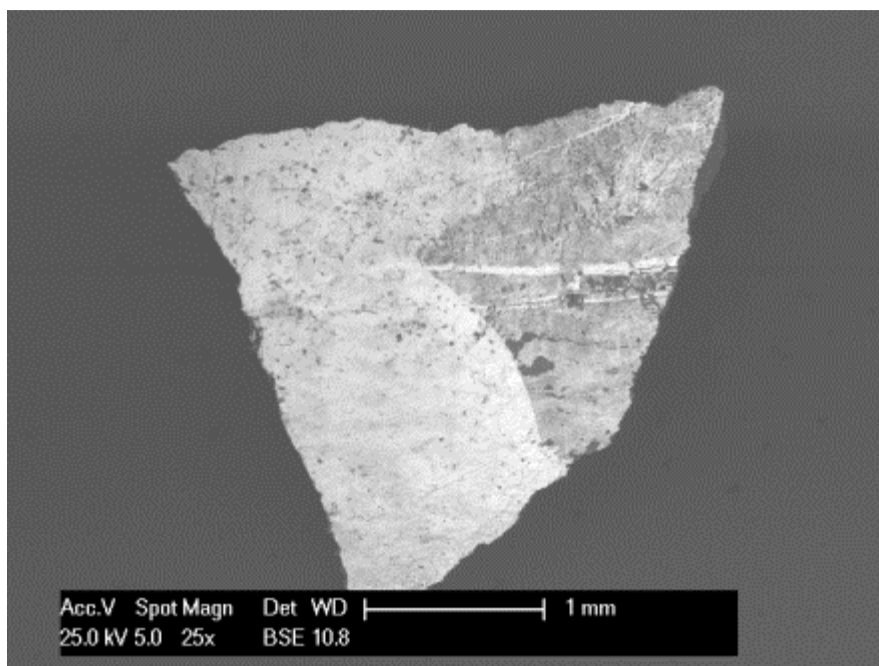
<i>Vpich č.</i>	<i>Hm. % prvku</i>	
4	Al	6,25
	Ca	9,71
	Fe	4,39
	Cu	5,56
	Au	74,10

**Obr. 3.21 :** SEM snímek svrchní vrstvy vzorku č. 1. Kvalitativní složení vzorku – zlatá fólie s příměsí Cu a Al.



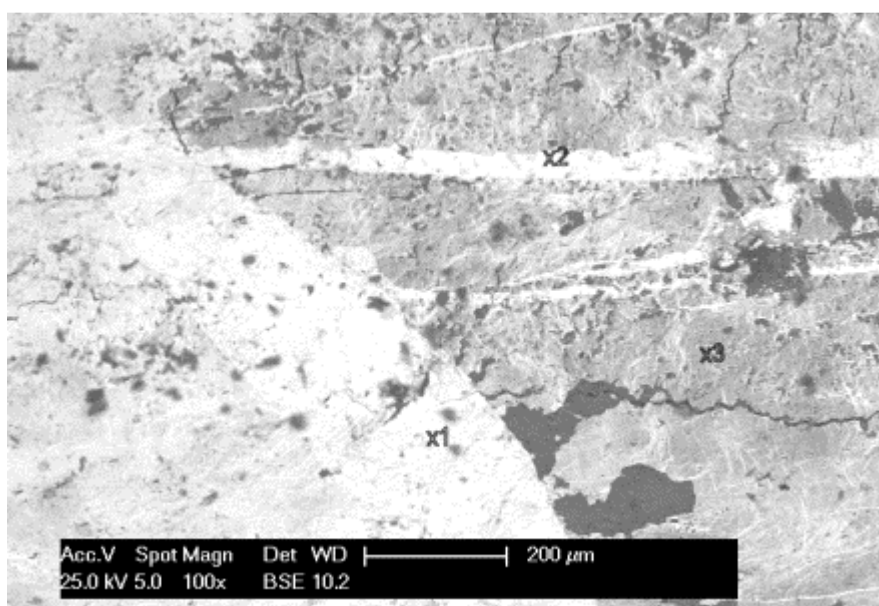
<i>Vpich č.</i>	<i>Hm. % prvku</i>	
2	C	36,89
	O	53,81

**Obr. 3.22:** SEM snímek podkladové vrstvy vzorku č.1. Kvalitativní složení vzorku – O, C, S, Ca, Si, Al, Mg.



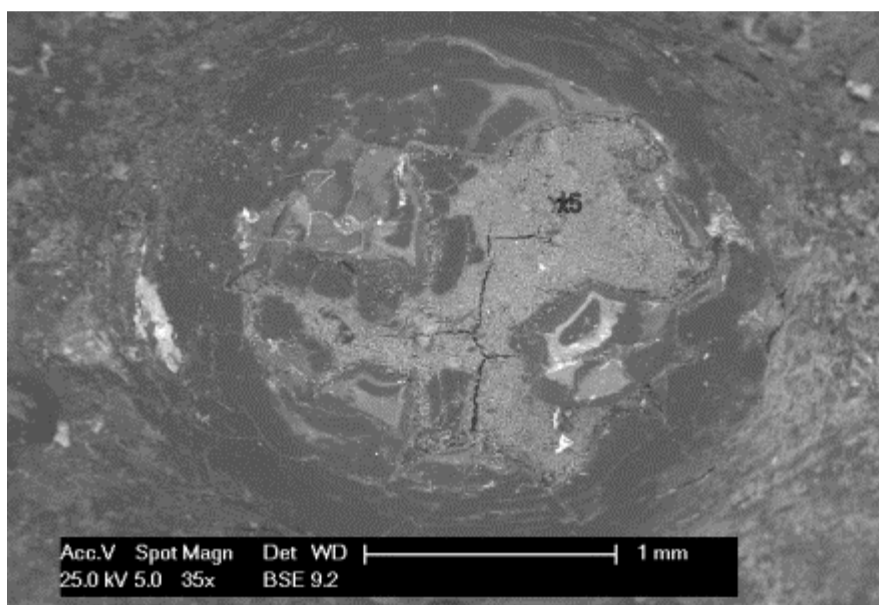
<i>Vpich č.</i>	<i>Hm. % prvku</i>	
1	Au	100%

**Obr. 3.23:** SEM snímek svrchní vrstvy vzorku č. 2. Kvalitativní složení vzorku – zlatá fólie bez příměsí.



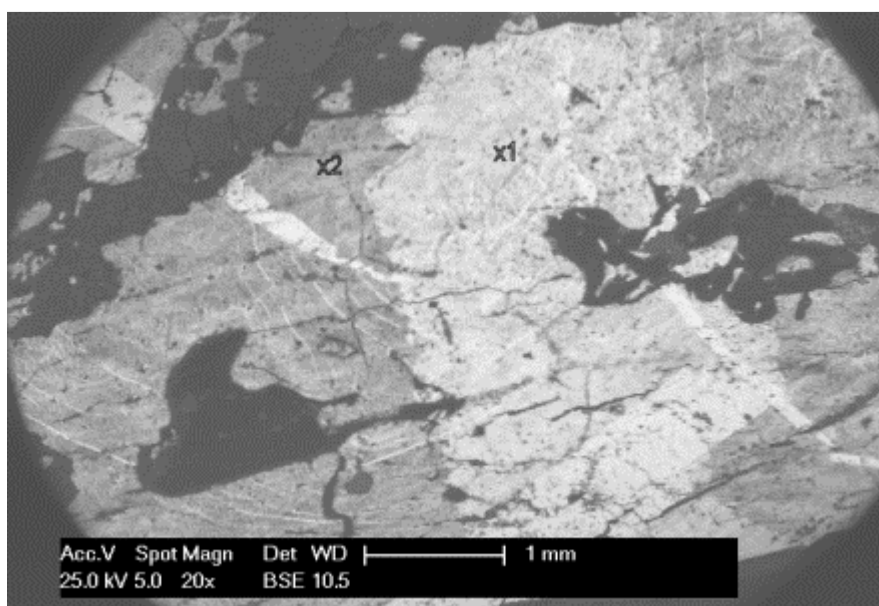
<i>Vpich č.</i>	<i>Hm. % prvku</i>	
3	Al	3,84
	Ca	17,66
	Fe	7,09
	Au	71,41

**Obr. 3.24:** SEM snímek povrchové vrstvy a rozhraní podkladové vrstvy vzorku č.2. Kvalitativní složení vzorku – zlatá fólie s příměsemi Cu, Al, Ca, Fe.



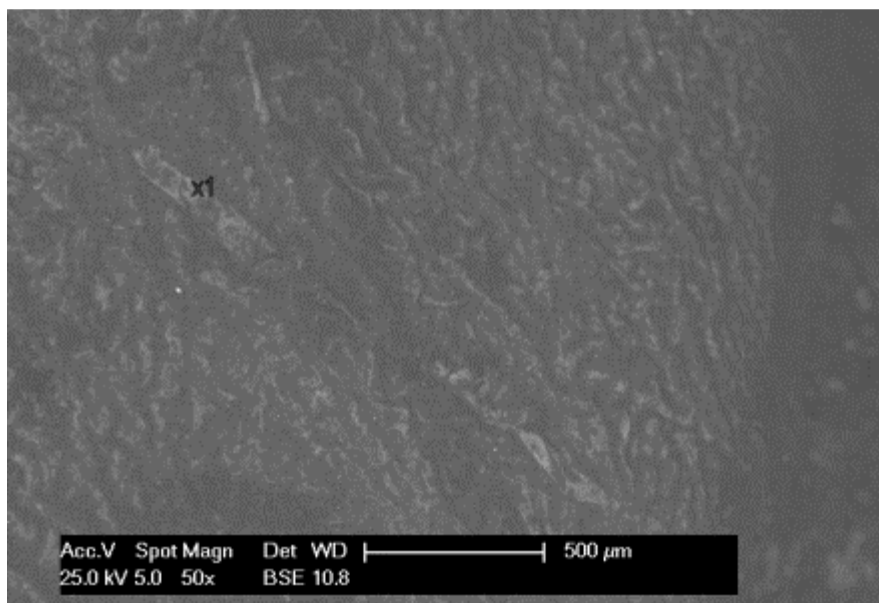
<i>Vpich č.</i>	<i>Hm. % prvku</i>	
5	Cu	85,46
	Zn	14,54

**Obr. 3.25:** SEM snímek svrchní vrstvy vzorku č.3. Kvalitativní složení vzorku – mosazná fólie (metal).



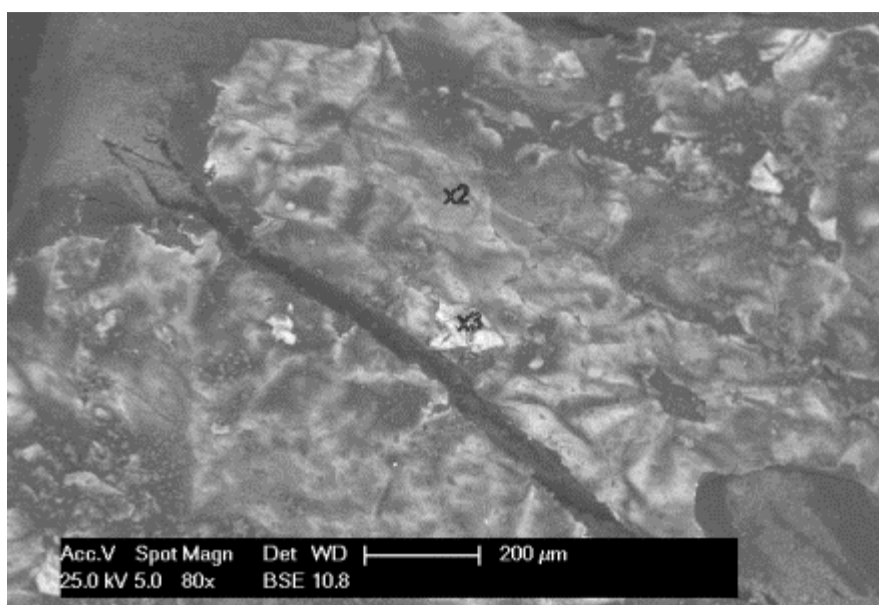
<i>Vpich č.</i>	<i>Hm. % prvku</i>	
1	Ca	6,40
	Au	93,60

**Obr. 3.26:** SEM snímek svrchní vrstvy vzorku č.4. Kvalitativní složení vzorku – zlatá fólie, stopové množství Ca z podkladové vrstvy.



Vpich č.	Hm. % prvku	
	C	41,31
	O	6,50
	Pb	3,68
	Cu	40,80
	Zn	7,59

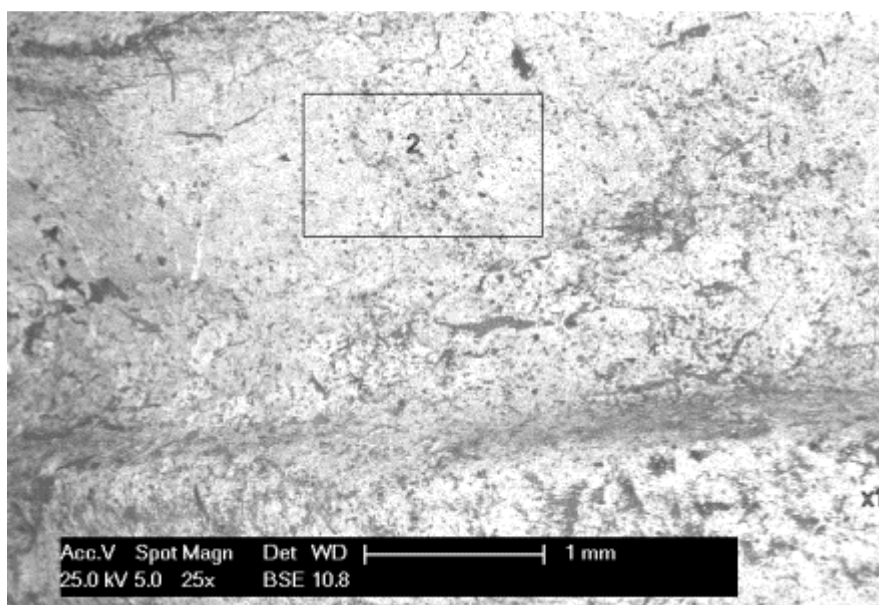
**Obr. 3.27:** SEM snímek svrchní vrstvy vzorku č.5. Kvalitativní složení vzorku – mosazná fólie (metal s příměsí olova).



Vpich č.	Hm. % prvku	
	C	60,46
	O	9,27
	Cu	25,37
	Zn	4,36

**Obr. 3.28:** SEM snímek povrchové vrstvy a rozhraní podkladové vrstvy vzorku č.6. Kvalitativní složení vzorku – mosazná fólie (metal) s příměsí Ca.





<i>Vpich č.</i>	<i>Hm % prvku</i>	
2	C	30,47
	O	16,61
	Ca	3,15
	Au	46,74

**Obr. 3.29:** SEM snímek svrchní vrstvy a rozhraní vzorku č.7. Kvalitativní složení vzorku – zlatá fólie s příměsí Ag, stopové množství Ca z podkladové vrstvy.

Cílem této analýzy bylo určit chemické složení použitých plátkových kovů či slitin na jednotlivých předmětech a případně určit, jedná li se o bronzový práškový nátěr. U předmětů č. 1,2,4,7 bylo jako použitý plátkový kov identifikováno zlato.

Jako plátkového kovu bylo v případě vzorků č. 3,5,6 užito metalu což je slitina mědi a zinku – mosaz.

U vzorku č. 1 byly kromě Au zjištěny příměsi mědi a hliníku (Obr.3.21). Na 2. Vpichu (Obr.3.22) podkladové vrstvy jsou patrný tyto prvky, které jsou součástí podkladové vrstvy a polimentu: O, C, S, Ca, Si, Al, Mg

Vzorek č. 2 obsahoval čisté zlato (Obr.3.23). Na druhém snímku (Obr.3.24) jsou patrné příměsy Fe, Al a Ca, který je složkou podkladové vrstvy – křídý.

Vzorek č.3 obsahuje Cu a Zn, mosaz jako použitý plátkový kov - metal (Obr.3.25)

Vzorek č.4 obsahoval čisté zlato (Obr.3.26). Jako plátkový kov na předmětu č. 5 byl identifikován metal s příměsí olova (Obr.3.27). Vzorek č. 6 obsahoval rovněž měď a zinek s příměsí vápníku z podkladové křídové vrstvy. (Obr. 3.28). Povrchová úprava (vzorek č. 7) byla provedena zlatým plátkem s příměsí stříbra, železa, a vápníku jako složky podkladové křídové vrstvy (Obr. 3.29)

### 3.5. Charakterizace vzorků pomocí infračervené spektroskopie

Infračervená spektroskopie (IČ) je analytická technika, která se využívá v převážné míře pro identifikaci a strukturní charakterizaci sloučenin organické povahy a v menší míře také pro identifikaci anorganických látek [20]. Tato metoda se využívá také pro charakterizaci a průzkum historických materiálů, kde lze získat podrobnější informace o chemickém složení analyzovaných vzorků

Tato metoda je použitelná pro základní orientaci ve složení neznámého vzorku, ale upřesňuje také odhadované složení. Metody organické analýzy jsou destruktivní s výjimkou Ramanovy mikroskopie a metody infračervené spektroskopie Fourierovou transformací (FTIR mikroskopie), kde je možná nedestruktivní analýza pouze v případě, že se artefakt pod mikroskop vejde celý. V opačném případě vyžadují odběr vzorku, který ovšem nespotebovávají, jsou tedy k vzorku nedestruktivní. Téměř v každém případě je nutné odebrat vzorek. Metoda infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací se v současné praxi průzkumu historických materiálů používá zejména k průzkumu pojiv malířských děl a nebo podmaleb na skle.

Principem infračervené spektrometrie je absorpce infračerveného záření molekulami látek. Infračervené záření má nižší energii a větší vlnovou délku než záření ultrafialové nebo viditelné a pokrývá část elektromagnetického spektra v intervalu mezi 0,78 a 1000  $\mu\text{m}$  což odpovídá rozsahu vlnových čísel 12800 – 10  $\text{cm}^{-1}$ . Celá oblast infračerveného spektra se rozděluje na tři části[8]:

- blízká infračervená oblast  
(0,78 – 2,5  $\mu\text{m}$ , tj. 12800 - 4000  $\text{cm}^{-1}$ );
- střední infračervená oblast  
(2,5 – 50  $\mu\text{m}$ , tj. 4000 - 200  $\text{cm}^{-1}$ );
- vzdálená infračervená oblast  
(50 – 1000  $\mu\text{m}$ , tj. 200 - 10  $\text{cm}^{-1}$ );

FTIR spektrometry (IR spektrometrie s Fourierovou transformací) jsou přístroje, které pracují na principu interference spektra, které měří interferogram modulovaného svazku záření po průchodu vzorkem. Zpracováváný signál dále počítač upraví matematickým postupem tzv. Fourierovy transformace na absorpční infračervené spektrum [21]. Podle rozsahu a kvality databáze standardních spekter podává tato metoda kvalitativní až semikvalitativní informace o složení organických i některých anorganických látek, po kalibraci je možné použití pro kvantitativní analýzu [20].



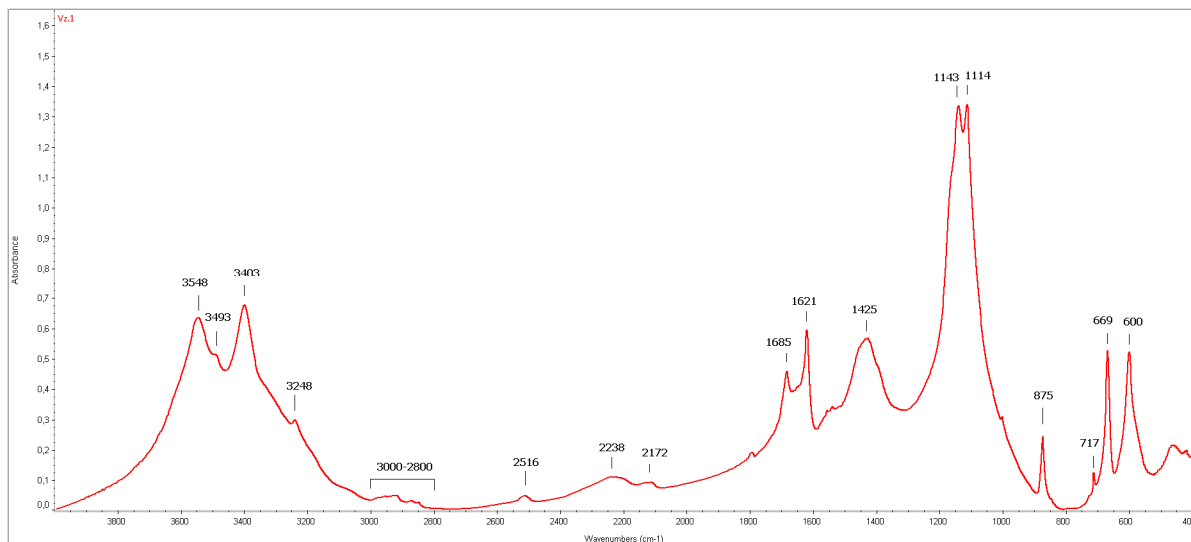
### 3.5.1. Postup přípravy a zpracování vzorků

Vzorky byly z předmětů odebrány železným skalpelem a železnou lupínkovou pilkou, následně byly nadrceny v achátové třecí misce na prášek a vloženy do očíslovaných ampulek. Vzorky byly měřeny technikou KBr pelet. Navážka cca 2,5 mg vzorku a cca 200 mg vyžíhaného KBr byla homogemizována na vibračním mlýnku po dobu 15 s. Tableta o průměru 13 mm byla vylisována (80 kN; 30 sec.) pod vakuem. Spektra byla měřena v oblasti  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ ; počet scanů 64; rozlišení  $4 \text{ cm}^{-1}$ . Vzorky byly měřeny na FT-IR spektrometru NEXUS 470, firmy ThermoNicolet, USA

Naměřená spektra byla upravena následně:

- odečteno spektrum čistého KBr
- odstraněny pásy  $\text{CO}_2$  (kolem  $2300 \text{ cm}^{-1}$ )
- automatické proložení základní linie
- vztažení spektra na navážku 2,5 mg vzorku

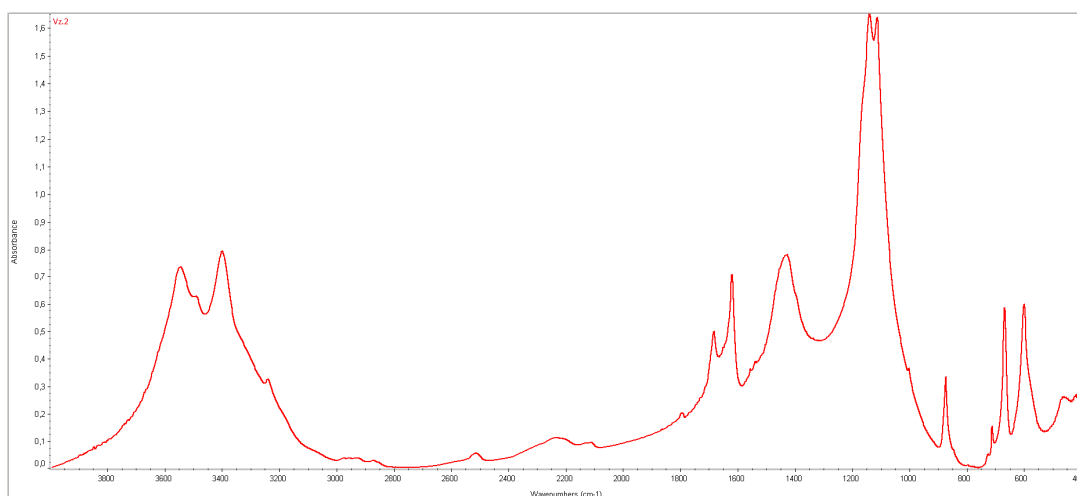
Jednotlivá spektra jsou uvedena na Obr. 3.30 – 3.36 včetně tabulek s přiřazenými pásy ve spektrech experimentálních vzorků.



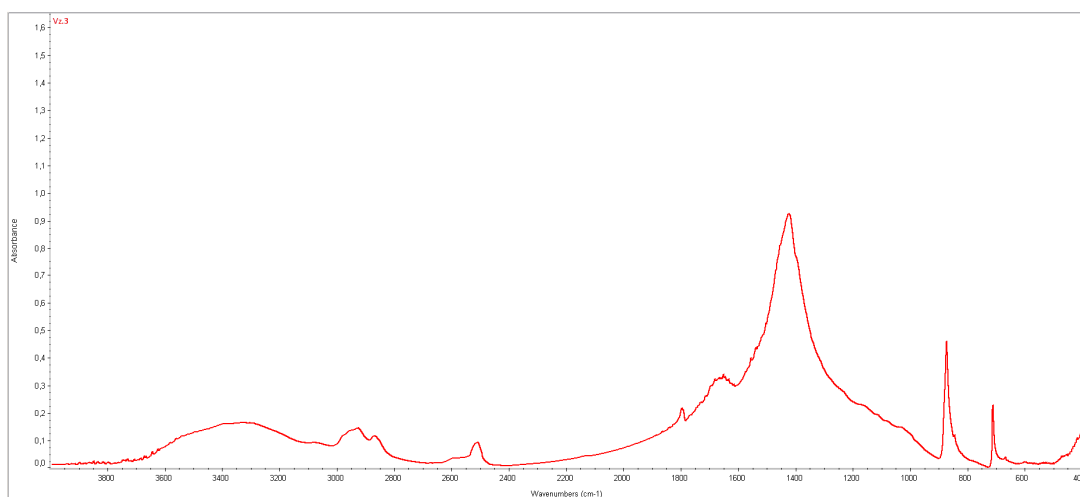
**Obr. 3.30:** IR spektrum vzorku č. 1 s označením vlnočtů pásů.

**Tab. č.1: Přiřazení důležitých pásů ve spektrech vzorků č. 1,2,3,4,5,6:**

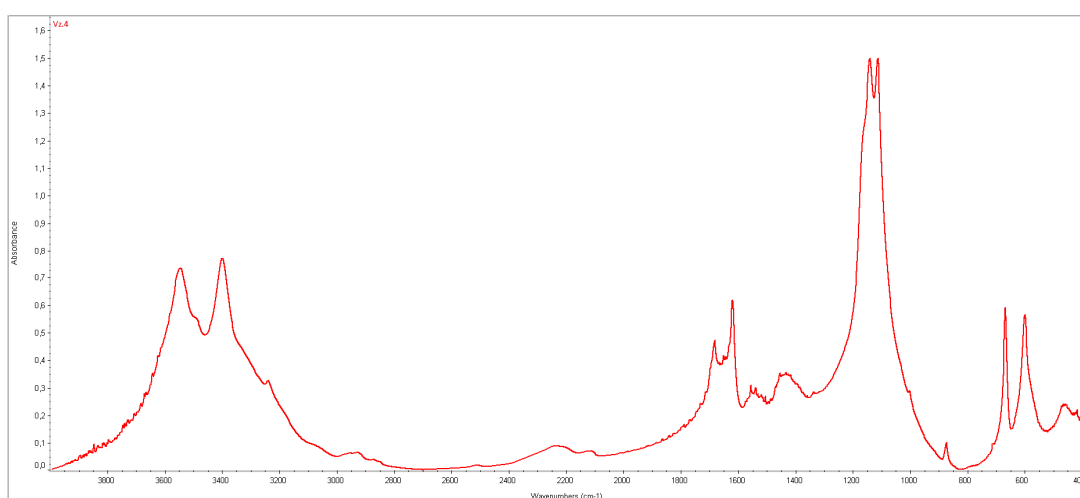
Vlnočet (cm <sup>-1</sup> )	Popis pásů
3548 3493 3403 3248	valenční vibrace OH skupin dihydrátu; pásy dihydrátu síranu vápenatého
3000-2800	valenční vibrace skupin CH <sub>2</sub> a CH <sub>3</sub> ; pásy alifatických nasycených uhlovodíků
2516	vibrace skupiny CO <sub>3</sub> v uhličitanech; pás kalcitu
2238 2172	vibrace skupiny SO <sub>4</sub> v síranech; pásy dihydrátu síranu vápenatého
1685 1621	deformační vibrace OH skupin dihydrátu; pásy dihydrátu síranu vápenatého
1425	vibrace skupiny CO <sub>3</sub> v uhličitanech; pás kalcitu
1143 1114	vibrace skupiny SO <sub>4</sub> v síranech; pásy dihydrátu síranu vápenatého
875 717	vibrace skupiny CO <sub>3</sub> v uhličitanech; pásy kalcitu
669 600	vibrace skupiny SO <sub>4</sub> v síranech; pásy dihydrátu síranu vápenatého



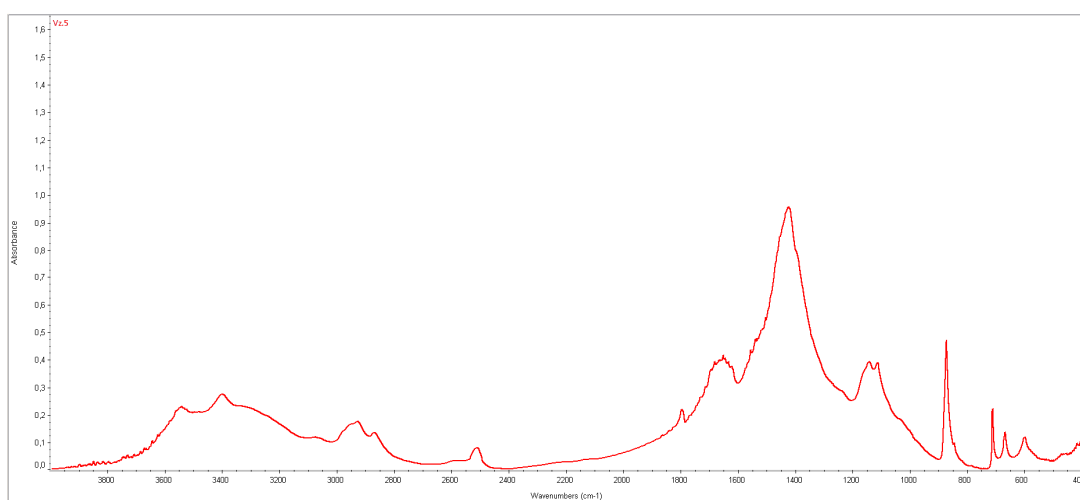
**Obr. 3.31: IR spektrum vzorku č. 2.**



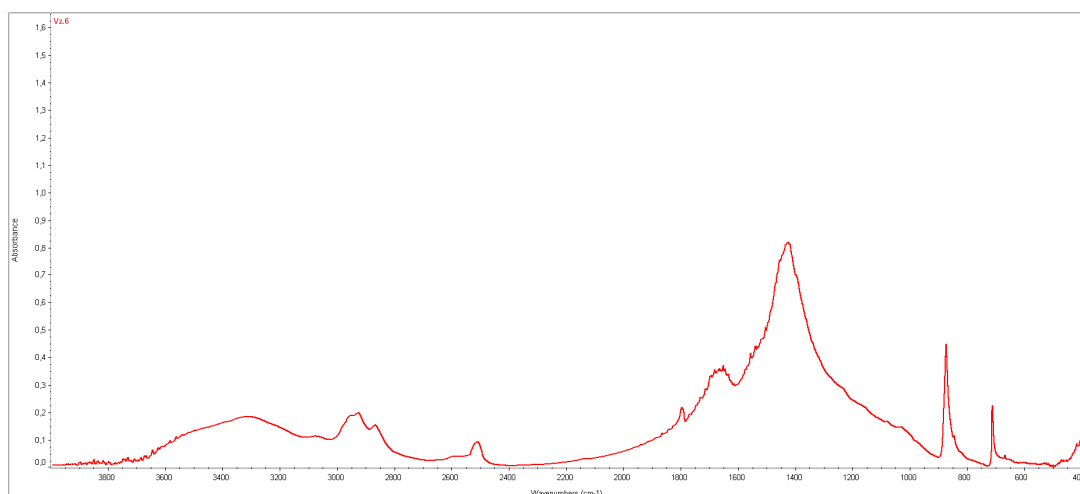
**Obr. 3.32: IR spektrum vzorku č. 3.**



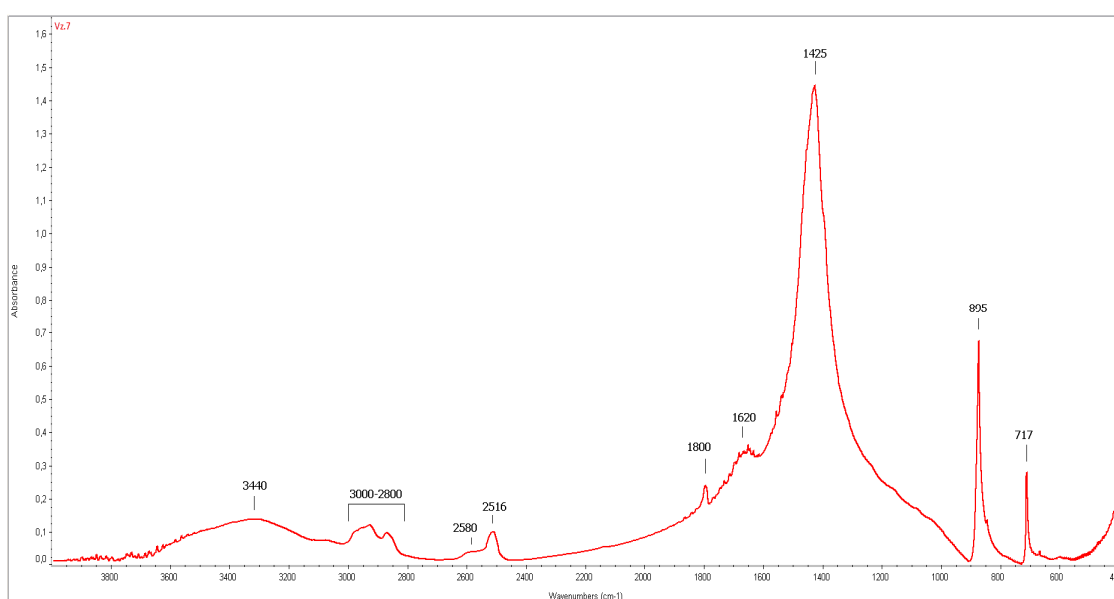
**Obr. 3.33: IR spektrum vzorku č. 4.**



**Obr. 3.34: IR spektrum vzorku č. 5.**



**Obr. 3.35:** IR spektrum vzorku č. 6.



**Obr. 3.36:** IR spektrum vz. č. 7 s označením vlnočtů pásů.

**Tab. 2:** Přiřazení důležitých pásů ve spektru vz.7.

Vlnočet ( $\text{cm}^{-1}$ )	Popis pásů
3440	valenční vibrace OH skupiny; pásy patrně náleží vlhkosti přítomné ve vzorku
3000-2800	valenční vibrace skupin $\text{CH}_2$ a $\text{CH}_3$ ; pásy alifatických nasycených uhlovodíků
2580 2516	vibrace skupiny $\text{CO}_3$ v uhličitanech; pásy kalcitu
1800	vibrace skupiny $\text{CO}_3$ v uhličitanech; pás kalcitu
1620	deformační vibrace OH skupiny; pásy patrně náleží vlhkosti přítomné ve vzorku
1425	vibrace skupiny $\text{CO}_3$ v uhličitanech; pás kalcitu
875 717	vibrace skupiny $\text{CO}_3$ v uhličitanech; pásy kalcitu

Přiřazení vlnočtů významných pásů ve spektru ve vzorcích 1-6 je popsáno v Tab. 1. Přiřazení vlnočtů významných pásů ve spektru ve vz.7 je popsáno v Tab. 2.

Označení přiřazení pásů v Obr. 3.36 je následující: **C** – kalcit; **O** – alifatické nenasyčené uhlovodíky.

Ze všech naměřených infračervených spekter je patrné, že analyzované experimentální vzorky obsahují převážně dihydrát síranu vápenatého. V menší míře je ve vzorcích přítomen rovněž kalcit. Ve vzorcích se rovněž nachází nepatrné množství (blíže neidentifikovatelných) organických sloučenin obsahujících ve své struktuře alifatické nenasyčené uhlovodíky. Na základě těchto poznatků byly vybrané vzorky dále analyzovány pomocí plynové chromatografie.

### **3.6. Charakterizace vzorků metodou plynové chromatografie**

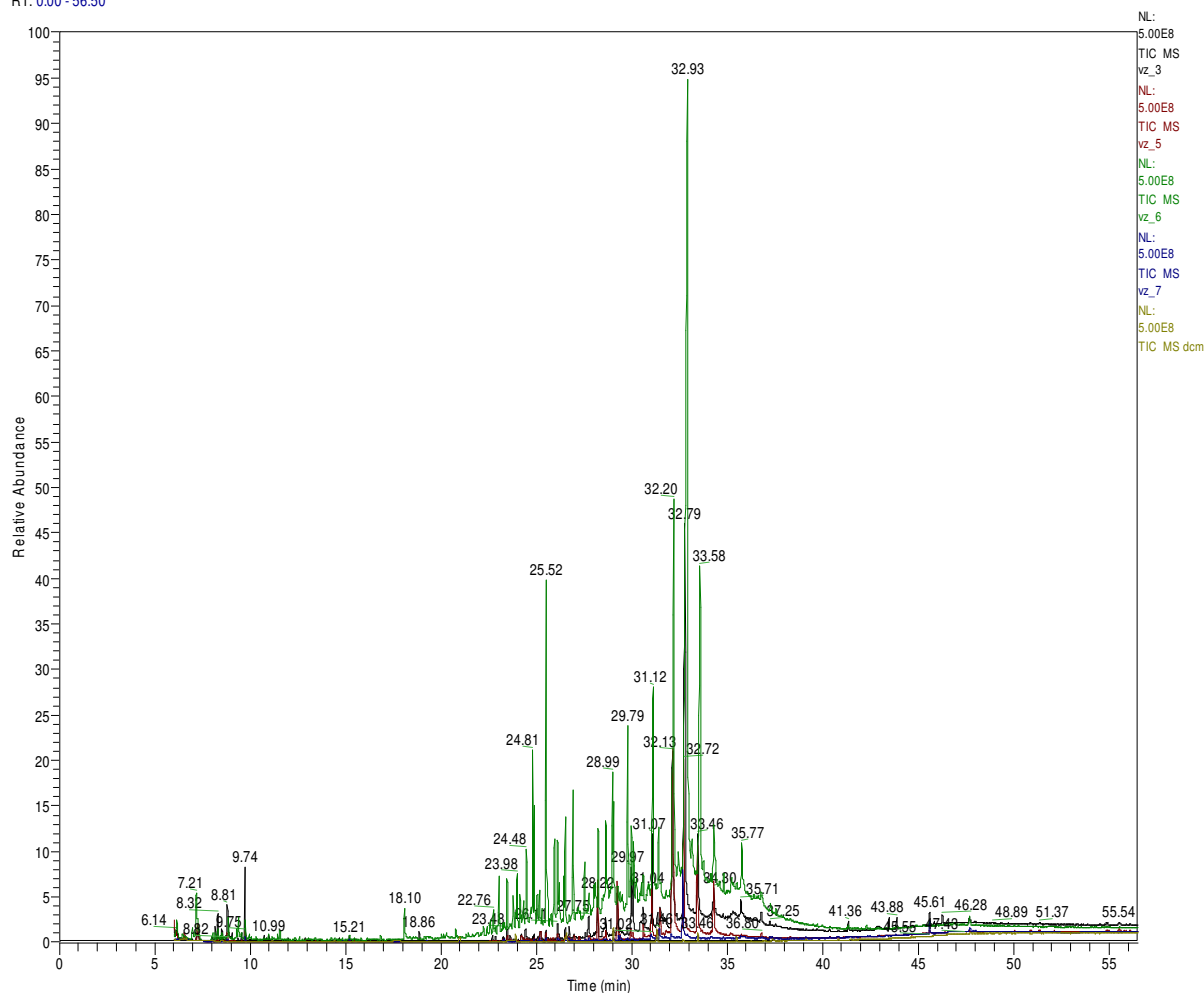
Chromatografické metody se v oblasti památkové péče uplatňují především k identifikaci materiálů v oblasti umělecké tvorby tj. pojiv v barvách, laků, barviv, pigmentů. Metody chromatografie jsou založené na fyzikálně-chemickém dělení směsí plyných látek, nebo směsí látek rozpuštěných ve vyhovujícím rozpouštědle mezi dvě faze, stacionární a mobilní. Plynová chromatografie (GC – Gass chromatography) je metoda, kdy k rozdělení směsí dochází na základě interakcí separovaných látek směsi mezi stacionární fází a mobilní plynou fází. Jako mobilní fáze se používá dusík, argon, helium, nebo vodík. Jako stacionární fáze se používá několik stovek typů různých materiálů polárního či nepolárního typu. Stacionární fáze tvoří nedílnou součást chromatografické kolony. Volba vhodné stacionární fáze je důležitým předpokladem pro provedení správné a úspěšné analýzy. Separované látky vychází z chromatografické kolony přímo do detektoru, kde dochází k jejich identifikaci. Výsledkem chromatografické analýzy je záznam – chromatogram. V oblasti plynové chromatografie existuje řada detektorů, z nichž některé jsou univerzální, některé vysoce selektivní. Mezi nejpoužívanější a nejvíce univerzální detektory patří hmotnostní spektrometr (MS). Pomocí plynové chromatografie zkombinované s hmotnostním spektrometrem, (GC-MS, Gas chromatography–mass spectrometry) byla prováděna screeningová analýza vzorků z vybraných předmětů: předmět 3: Stolní dřevěný polychromovaný krucifix s výjevem kavalérie, se zdobným podstavcem, předmět č. 5: Část plastické výzdoby rámu obrazu Venkovský dvůr, aut. Kurt Geabuer, předmět č. 6: Fragment plastické výzdoby,

předmět č. 7: Fragment části plastické výzdoby rámu obrazu Umučení Krista [7,20,21]. Pro analýzu byl použit plynový chromatograf s hmotnostním spektrometrem (GC-MS) Thermo Scientific TRACE GC Ultr/TSQ Quantum XLS. Jako stacionární fáze byla použita TG-5 SIL MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm), nosný plyn je helium. Jednotlivé chemické látky byly identifikovány v rozsahu  $m/z$  80 – 450 amu s využitím database specter Mass Spectral Library NIST 2011. Za účelem provedení chromatografické analýzy byly použity zbytkové vzorky v práškovém stavu, které byly předtím podrobeny analýzám pomocí IČ spektroskopie.

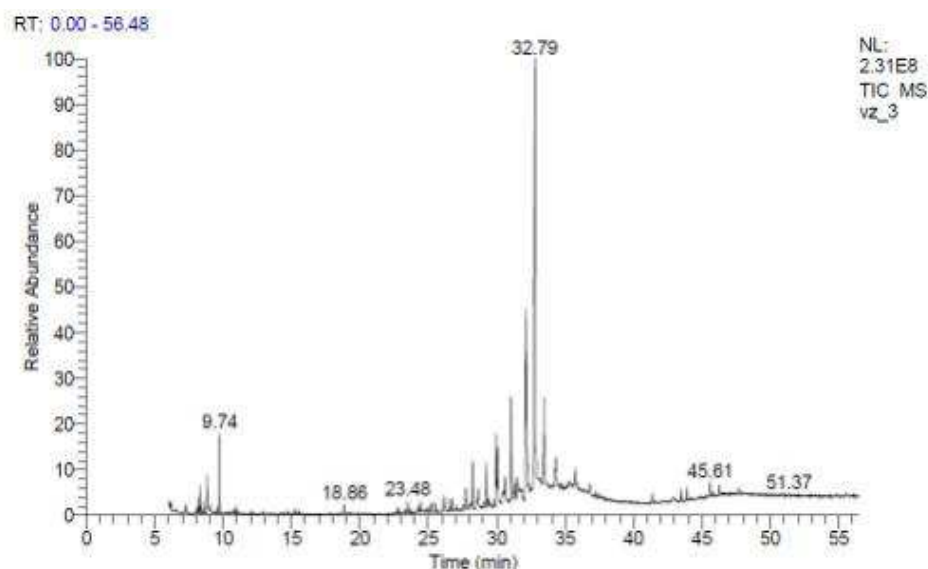
c:\data\gc\2014\_4\_16\dcn

4/16/2014 9:09:04 AM

RT: 0.00 - 56.50



**Obr. 3.37:** Overlay chromatografických záznamů vzorků č. 3, 5, 6, 7.



**Obr. 3.38:** Chromatogram vzorku č. 3 - Stolní dřevěný polychromovaný krucifix s výjevem kavalérie, se zdobným podstavcem

**Tabulka 3 :** Jednotlivé identifikované chemické sloučeniny a odpovídající retenční časy

Retenční čas (RT)	Název chem. sloučeniny
8.19	2,7,7-trimethyl-3-Oxatricyclo[4.1.1.0(2,4)]octane Limonene oxide
8.32	[1S-(1à,2á,5à)]-Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol, 4,6,6-trimethyl-, cis-Verbenol trans-2-Caren-4-ol
8.82	[1S-(1à,2á,5à)]- Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol, 4,6,6-trimethyl cis-Verbenol Verbenol
9.56	6,6-dimethyl-Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene-2-carboxaldehyde, (1R)-(-)-Myrtenal 3-Caren-10-al
9.74	Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl- (1S)-Bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-one, 4,6,6-trimethyl-, 3-Diazo-1,7,7-trimethylbicyclo[2.2.1]heptan-2-one
14.66	4-epi-cubedol cubedol á-copaene
15.21	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)- Phenol, 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)- Pentanoic acid, 5-hydroxy-, 2,4-di-t-butylphenyl esters
18.86	Hexanedioic acid, bis(2-methylpropyl) ester Adipic acid, butyl 2-ethylhexyl ester Adipic acid, isobutyl 2-octyl ester
28.22	1-Phenanthrenecarboxaldehyde, Naphthalene,
31.35	Pimaric acid á-Pimaric acid Palustric acid
32.13	Palustric acid

	$\alpha$ -Pimaric acid Abietic acid
32.79	Dehydroabietic acid 1-Phenanthrenecarboxylic acid, 1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, [1S-(1 $\alpha$ ,4 $\alpha$ ,10 $\alpha$ )]- Butanoic acid,
33.46	Abietic acid Palustric acid $\alpha$ -Pimaric acid

Předchozí prováděná metoda infračervené spektroskopie poukázala, kromě anorganických látek obsažených ve vzorcích, na přítomnost organických látek. Cílem chromatografické analýzy byla identifikace pojiv a ostatních organických látek vzniklých při procesu tuhnutí analyzovaných směsí vzorků. Ze souhrnného overlay chromatografických záznamů jednotlivých vzorků (Obr.3.37) je patrné, že všechny vzorky podrobené této analýze obsahují stopy složek, které jsou svým chemickým složením na stejné bázi. Obecně byla ve všech vzorcích zjištěna přítomnost velkého množství organických látek, jejichž identifikace za použití zvolené analytické metody byla obtížná. Společnou spolehlivě identifikovanou složkou všech vzorků byla skupina kyselin: kyselina palustrová, primarová a abietová, které jsou přítomny ve všech analyzovaných směsích. Tyto kyseliny patří terpenoidním látkám a podobně jako fenolické sloučeniny jsou charakteristické pro rostlinné pryskyřice, které jsou obvykle vlučovány z určitých částí rostlin umístěných uvnitř, nebo na povrchu rostlin. Tyto pryskyřice hrály dominantní roli v minulých dobách, byly používány jako pojiva, repelenty a ochranné nátěry. Přítomnost di- a triterpenoidních látek umožňuje identifikovat přítomnost přírodních pryskyřic ve vzorcích. K diterpenoidním kyselinám patří kyselina palustrová, levopimarová, abietová, isopimarová, pimarová apod. – pochází z jehličnatých stromů – borovic. Jedná se zejména o kalafunu (diterpenoidní pryskyřice získávaná jako pevný zbytek po odparu terpentýnové silice z balzámů borovicovitých stromů). Hlavní složky rostlinných pryskyřic jsou diterpenové kyseliny jako abietany, primarany. Tyto kyseliny jsou charakteristické pro přítomnost borovicových pryskyřic (Pinaceae resins) v historických předmětech [7,34]. Kyselina abietová (abietic acid) je karboxylová kyselina, která je součástí přírodních pryskyřic, přítomných ve stromech. Je možné jí izolovat z kalafuny. Soli a estery této kyseliny se nazývají abietáty. Kyselina abietová je v rozdílném množství téměř vždy přítomna ve všech typech přírodních rostlinných pryskyřic [33]. Kyselina palustrová (palustric acid) je typem abietových kyselin. Lze tedy konstatovat, že tyto látky obsažené v



analyzovaných experimentálních vzorcích jsou produkty polymerace při tuhnutí pojiv a olejů rostlinného původu. Vzorky pravděpodobně obsahovaly kalafunu, což je nejběžnější typ pojiva používaného při přípravě plastické hmoty, tzv. vařené pozlacovačské masy. U vzorku č. 6: fragment plastické výzdoby byl vyšší výskyt organických látek. Jelikož se jedná o moderní rekonstruovanou část, zřejmě za použití modernějších syntetických pojiv, aditiv, nebo pigmentů.

U vzorků č. 3,5,6 byly identifikovány výše popasané organické kyseliny, lze soudit, že jsou všechny vyrobené z vařené pozlacovačské hmoty (kapitola 1.11.1). Na (Obr.3.38) je znázorněn chromatogram vzorku č. 3 společně s tabulkou pojednávající o jeho chemickém složení.

Vzorek č. 7 tyto kyseliny neobsahoval, je možné že místo kalafuny bylo použito vaječného bílku, nebo jiného typu pryskyřic na přírodní rostlinné bázi. Pro upřesňující informace o dalších obsažených látkách by bylo nutné zavést vhodné analytické metody pro izolaci jednotlivých komponent.

## 4. ZÁVĚR

Historické předměty zdobené technikou pozlacování jsou kromě samotných plátkových kovů, zlata a stříbra zdobeny náhražkami těchto drahých kovů z obecných kovových materiálů, nejčastěji mosazí (tzv. metalem). Z hlediska široké škály materiálů používaných k přípravě podkladových vrstev se jedná o velice strukturně komplikované předměty.

Ke studiu povrchu plátkových kovů bylo provedeno pozorování pod světelným mikroskopem. Tato metoda poskytovala informace o stavu povrchu plátkových kovů po určitém období expozice, včetně jejich degradačních procesů. Byly pozorovány trhliny a krakeláže plátkových kovů a také lokálně zcela narušená místa až na samotný křídový podklad a poliment.

Metalografický průzkum příčných řezů jednotlivých vzorků podával informace o struktuře podkladových vrstev. Tyto vrstvy byly odlišné dle způsobu použité technologie zlacení. U předmětů zhotovených z plastických hmot byla struktura komplikovanější a pod plátkovými kovy bylo patrné pojivo mezi podkladem a kovem. U zlacení na lesk je struktura vzorků velmi podobná se základní křídovou vrstvou tvořenou hrubými částicemi křídý. Pomocí skenovací elektronové mikroskopie bylo určeno prvkové složení plátkových kovů a jejich slitin. Použití této metody je pro určení druhu plátkových kovů vhodné a dostačující.

Pomocí infračervené spektrometrie byly analyzovány podkladové vrstvy předmětů, kde naměřená infračervená spektra vzorků se téměř identicky shodovaly. Technika bromidových tablet poskytovala základní identifikaci organických a anorganických složek. Tato metoda ovšem nepodává informace o bližší specifikaci organických materiálů, nedokáže tedy určit přesné složení použitých pojiv. Tato metoda nedokáže s přesností určit a rozdělit materiály podkladových vrstev, vzorky zhotovené z plastických hmot a z křídových podkladů, mají jen nepatrné rozdíly v naměřených spektrech.

Metodou plynové chromatografie s hmotnostní spektroskopií byla identifikována přítomnost organických látek, z nichž několik na bázi diterpenoidních karboxylových kyselin obsažených v přírodních pryskyřicích, či olejích. Z tohoto průzkumu bylo usouzeno, že analyzované směsi jsou zhotoveny z tzv. vařené pozlacovačské hmoty, kde rozpadové produkty kalafuny vzniklé tuhnutím jsou stanovitelné metodou plynové chromatografie s hmotnostní detekcí.

Tato diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu SP 2014/39 “Funkční nanostrukturované materiály” a projektu CZ.1.07/2.2.00/28.0273 “Zkvalitnění výuky muzejní konzervace a restaurování a průzkumu historických materiálů”.

## POUŽITÁ LITERATURA

1. SANDU, I. C. A., AFONSO, L. U., MURTA, E., DE SA, M. Gilding techniques in religion art between east and west, 14<sup>th</sup> –18<sup>th</sup> centuries. *International journal of conservation science* [online]. 2010, str. 47–62.
2. ŠTANCOVÁ, E. Techniky zlacení a stříbření dřevěných předmětů. In 1989.
3. LOSOS, L. *Pozlacování a polychromie*, 2005. ISBN 80-247-0913-9.
4. BÖHM, F., KOTRBA, H. *Pozlacovačské materiály I*. 1984.
5. BITTNER, J. *Zlacení: Teoretická diplomová práce*. Bratislava: Vysoká škola výtvarných umení v Bratislave, 2010.
6. BÖHM, F., KOTRBA, H., ROSA, J. *Pozlacování I*. 1984.
7. KUBIČKA, R., ZELINGER, J. *výkladový slovník, malířství, grafika, restaurování*, 2004. ISBN 978-80-247-9046-6.
8. MACTAGGART, P., MACTAGGART, A. *Practical gilding*. 1984. ISBN 1-873132-83-2.
9. SELWYN, L. *Metals and corrosion, A Handbook for the conservation professional*. 2004. ISBN 0-662-37984-5.
10. Zlatotepectví - řemeslo, které přežilo tisíciletí. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.grac.cz/> .
11. Co je to:žárové zlacení. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.restaurovanikovu.cz/co-je-to-zarove-zlacení/>
12. TÄUBL, K., et al. *Zlatnictví, stříbrnictví a klenotnictví*. 1989. ISBN 80-03-00130-7.
13. STEHLÍKOVÁ, D. *Encyklopedie českého zlatnictví, stříbrnictví a klenotnictví*. 2003. ISBN 80-85983-90-7.
14. Ostrá, V. Atlas korozního napadení a povrchových úprav. atlas, ČVUT, 2011.
15. LOSOS, L., LUX, V. *Pozlacování II*. 1987.
16. Pozlacování. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.art-protect.cz/Cenik/PDF/070.pdf> .
17. MICHALSKI, S. Crack Mechanisms in Gilding. In *Gilded wood, Conservation and History*. 1991, str. 171–181.
18. SHASHOUA, Y. *Conservation of plastics, materials science degradation and preservation*. 2008. ISBN 978-0-7506-6495-0.
19. VODÁREK, Vlastimil. *Metody studia struktury*. Ostrava: Studijní materiály pro obor Materiálové inženýrství fakulty FMFI, 2010.

20. KOPECKÁ, I., NEJEDLÝ, V. *Průzkum historických materiálů, Analytické metody pro restaurování a památkovou péči*. 2005. ISBN 80-247-1060-9.
21. KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. 2003. ISBN 80-86369-07-2.
22. kliš kostní. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.lh-shop.cz/-pic/remesla/klihy/klihkostni-01.jpg> .
23. lepení klišem a konstrukce zpevnování povolených spoju. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.restaurovanistarozitnosti.cz/lepeni-klishem-a-konstrukci-zpevnovani-povolenych-spoju.php> .
24. Le Franc Poliment 1kg (nat). [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: [http://www.linova.nl/producten/Poliment\\_Nat.aspx?loadsubs=-1](http://www.linova.nl/producten/Poliment_Nat.aspx?loadsubs=-1) .
25. Mixtion 3h. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.dungl.com/images/produkte/steinmetze/mixtion3h.jpg>
26. Shellac Varities. [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shellac\\_varities.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shellac_varities.png) .
27. gold blattgold heftchen 80x80mm. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.toppotraviny.cz/dekor/gold-blattgold-heftchen-80-x-80-mm-e-175-25-bla> .
28. praskové zlato 23-34 karátové 2g. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://vad.sk/pozlacovanie/29-praskove-zlato-23-34-karatove-2-g.html> .
29. Platkové stříbro 25ks 8 x 8cm. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.airbrush-online.cz/dimoff/eshop/21-1-Zlacení/0/5/436-Platkove-stribro-25ks-8-x-8cm> .
30. Co je to zároveň zlácení. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.restaurovanikovu.cz/co-je-to-zarove-zlacení/detail-sroubu-vlasy/>
31. BITTNER, J. zlácení. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <http://www.restaurovanibittner.cz/zlacení.php> .
32. ZILLI, R. Conservation Gilding: Heritage skill Deficiencies. [online]. [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://issinstitute.org.au/wp-content/media/2011/04/ISS-FEL-REPORT-R-ZILLI-LOW-RES1.pdf>
33. VANDENABEELE, P., WEHLING, B., MOENS, L., EDWARDS, H., DE REU, M., VAN HOOYDOND, G. Analysis with micro-Raman spectroscopy of natural organic binding media and varnishes used in art. *Analytica Chimica Acta* [online]. 2000, [cit. 2014-03-13], str. 261–274.
34. COLOMBINI, M. P., MODUGNO, F. *Organic Materials in Art and Archaeology, in Organic Mass Spectrometry*. 2009. ISBN 978-0-470-51703-1.